

«Институт горного дела, геологии и геотехнологий»
институт
Кафедра «Горные машины и комплексы»
кафедра

_____ А.В. Гилев
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

150404.65 «Металлургические машины и оборудование»
код и наименование специальности

Повышение эффективности эксплуатации прокаточных печей в условиях
ОАО «РУСАЛ – Красноярск»
тема

Пояснительная записка

Руководитель

ПОДПИСЬ, ДАТА

должность, ученая степень

Т.А. Герасимова
инициалы, фамилия

Выпускник

ПОДПИСЬ, ДАТА

Д.Н. Августинovich
инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
«Институт горного дела, геологии и геотехнологий»
институт
Кафедра «Горные машины и комплексы»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В. Гилев
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ
в форме _____ Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту Августиновичу Денису Николаевичу

фамилия, имя, отчество

Группа ЗММ-13-07 Направление (специальность) 150404.65

номер

код

Металлургические машины и оборудование

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: «Повышение эффективности эксплуатации прокаточных печей в условиях ОАО «РУСАЛ – Красноярск»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Т.А. Герасимова

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР _____

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР) 1 Технология металлургического производства; 2 Механическое оборудование; 3 Обзор и анализ оборудования; 4 Повышение эффективности эксплуатации прокаточных печей; 5 Расчет аспирационно-технологической установки; 6 Безопасность жизнедеятельности в производственной среде; 7 Эксплуатация и ремонт.

Перечень графического материала 1 Технологическая схема прокаточного отделения; 2 Установка вращающейся печи и холодильника; 3 Обзор и анализ оборудования; 4 Основные характеристики прокаточных печей; 5 Механическое оборудование холодильника; 6 График ППР оборудования на 2018 год.

Руководитель ВКР

подпись

Т.А. Герасимова

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись, инициалы и фамилия студента

Д.Н. Августинович

« ____ » _____ 20__

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа (раздела)	Срок выполнения
Получение задания	02.2018 -25.02.2018
Введение. Аналитический обзор существующей проблемы	26.02.2018-2.03.2018
Ознакомление с литературой	3.03.2018 -13.03.2018
Составление плана исследования и отчёта	14.03.2018-20.03.2018
Подбор необходимой информации для выполнения дипломного проекта	21.03.2018-20.04.2018
Разработка чертежей устройства	21.04.2018-3.05.2018
Формирование пояснительной записки дипломного проекта	4.05.2018-9.05.2018
Экономическая часть	10.05.2018-20.05.2018
Безопасность жизнедеятельности	21.05.2018-26.05.2018
Заключение	26.05.2018-31.05.2018
Оформление дипломного проекта	1.06.2018-17.06.2018

« ____ » _____ 20__ г.

Руководитель ВКР

(подпись)

Задание принял к исполнению

(подпись, инициалы и фамилия студента) Д.Н. Августинович

Содержание

Введение.....	7
1 Технологическая часть	9
1.1 Электролитическое получение алюминия	9
1.2 Технология производства анодной массы.....	12
2 Механическое оборудование.....	19
2.1 Установка вращающейся печи и холодильника.....	19
2.1 Холодильник.....	21
3 Обзор и анализ оборудования.....	22
3.1 Трубчатая (барабанная) вращающаяся прокалочная	22
3.2 Шнеко-трубчатая печь.....	22
3.3 Вращающаяся барабанная обжиговая печь.....	23
3.4 Устройство для пиролиза измельченных материалов.....	24
3.5 Устройство для переработки материала при пиролизических условиях.....	25
4 Повышение эффективности эксплуатации прокалочных печей.....	27
4.1 Описание и основные технические характеристики прокалочной печи.....	27
4.2 Установка печи с холодильником.....	29
4.3 Режим работы прокалочной печи.....	33
4.4 Анализ проблем в существующей технологической схеме производства анодной массы.....	39
4.5 Повышение эффективности системы охлаждения прокаленного кокса.....	42
5 Расчет аспирационно-технологической установки	46
6 Безопасность жизнедеятельности в производственной сфере.....	51
6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	51
6.2 Технические и организационные мероприятия по охране труда.....	53
6.2.1 Электробезопасность.....	55
6.2.2 Защита от запыленности и загазованности производственных помещений.....	55
6.2.3 Защита от производственного шума.....	55

6.2.4 Организация охраны труда в цехе.....	56
6.3 Мероприятия по производственной санитарии.....	57
6.4 Мероприятия по пожарной и взрывной безопасности	57
6.5 Охрана окружающей среды.....	59
6.5.1 Анализ промышленных загрязнений окружающей среды.....	59
6.5.2 Природоохранные мероприятия.....	60
7 Эксплуатация и ремонт.....	62
7.1 Расчет количества технических обслуживаний и ремонтов.....	63
7.2 Организация ремонтных работ.....	64
7.3 Расчет численности ремонтного персонала.....	67
7.4 Расчет станочного оборудования	69
7.5 Проектирование ремонтной базы.....	69
7.6 Выбор схемы ремонтной базы.....	70
7.7 Определение параметров пролета здания ремонтной базы.....	72
Заключение.....	74
Список использованных источников.....	75

Введение

Тема бакалаврской работы: «Повышение эффективности эксплуатации прокалочных печей в условиях ОАО «Русал-Красноярск».

Целью бакалаврской работы является повышение эффективности эксплуатации прокалочных печей для удовлетворения текущих и будущих требований к объемам выпуска анодной массы, а также повышение качества производимой анодной массы до уровня современных стандартов.

Задачей бакалаврской работы является повышение эффективности работы системы охлаждения, а также, расчет аспирационной системы, которая позволит оптимизировать технологию прокаливания кокса, уменьшить выбросы в окружающую среду и обеспечивает уменьшение удельного расхода мазута; уменьшение угара кокса; увеличение производительности печей; улучшение качества прокаленного кокса; улучшение условий труда; снижение трудозатрат.

АО «Русал – Красноярск» является вторым по величине алюминиевым заводом, как в России, так и во всем мире.

В настоящий момент КрАЗ производит приблизительно 906000 тонн алюминия в год и включает в себя 25 электролизных корпуса, сформированных в 15 отдельных серий и корпус АВЧ. Из данных 25 корпусов, 7,8 и 26 корпус использует технологию предварительно обожженных анодов. В остальных корпусах используется технология самообжигающегося анода Содерберга.

Для обеспечения производства анодным материалом, на КрАЗе имеется цех производства анодной массы (ЦАМ). ЦАМ включает в себя: склады сырья и готовой продукции; отделение прокаливания коксов (ОПК), в котором производят сушку и прокалку нефтяного кокса; пекосклад, где проводят подготовку каменноугольных пеков и размольно-смесительное отделение (РСО), где нефтяной кокс смешивают с каменноугольным пеком и получают готовый продукт – анодную массу.

Красноярский алюминиевый завод входит в состав Компании РУСАЛ.

Сокращенное фирменное наименование завода: ОАО «РУСАЛ Красноярск».

В соответствии с проектом модернизации ОАО «РУСАЛ Красноярск» к концу 2018 года планируется увеличить выпуск алюминия от текущего уровня до 1014,6 тыс. т/год при использовании технологии Содерберга с вертикальным токоподводом. При прогнозируемом расходном коэффициенте анодной массы 0,5105 тонны на одну тонну алюминия потребность в «сухой» анодной массе, составит 518,0 тыс. т/год для удовлетворения потребностей корпусов электролиза.

Актуальность работы.

Выпусная квалификационная работа Августиновича Д.Н. выполнена на тему : «Повышение эффективности эксплуатации прокалочных печей в условиях ОАО «Русал-Красноярск» отвечает требованиям выданного студенту задания, все вопросы, поставленные в нем, освещены в достаточном объеме.

Выпусная квалификационная работа содержит следующие части: Технологическая часть; Механическое оборудование; Обзор и анализ оборудования; Повышение эффективности эксплуатации прокалочных печей; Расчет аспирационно-технологической установки; Безопасность жизнедеятельности в производственной среде; Эксплуатация и ремонт.

Одной из основных технологических операций в производстве электродной продукции является процесс прокалики углеродного материала при высокой температуре. Из всех известных в настоящее время технологических агрегатов для прокаливания кокса наиболее распространены в промышленности трубчатые вращающиеся печи, которые характеризуются наименьшей стоимостью, простотой обслуживания, высокой производительностью, требуют минимальных затрат на обслуживание.

Процесс в таких печах характеризуется сочетанием комплекса элементарных процессов: всех видов теплообмена, пиролизом прокаливаемого материала, горения топлива, материала с выделением летучих веществ, движением газа и материала, изменением структуры и свойств материала.

Важность совершенствования технологии электродного производства, современный уровень развития вычислительной техники, широкое применение барабанных вращающихся печей и универсальность процесса прокаливания углеродных материалов в них, а так же необходимость автоматизации технологической подготовки производства, - определяет актуальность темы настоящей бакалаврской работы.

1 Технологическая часть

1.1 Электролитическое получение алюминия

В настоящее время алюминий и его сплавы используют практически во всех отраслях современной техники. Важнейшее потребление алюминия и его сплавов – авиационная и автомобильная отрасли промышленности, железнодорожный и водный транспорт, машиностроение, электротехническая промышленность и приборостроение, промышленное и гражданское строительство, химическая промышленность, производство предметов народного потребления.

Получение электролитического алюминия электролизом глинозема (Al_2O_3), растворенного в расплавленном криолите (Na_3AlF_6), является доминирующим способом в мире. В промышленном электролите всегда присутствует фтористый кальций – CaF_2 , снижающий температуру плавления и уменьшающий потери алюминия.

Основное сырье для производства алюминия – алюминиевые руды: бокситы, нефелины, алуниты, каолины. Наибольшее значение имеют бокситы. Алюминий в них содержится в виде минералов – гидроксидов $\text{Al}(\text{OH})_3$, корунда Al_2O_3 и каолинита.

В связи с тем, что алюминий в ряду напряжений находится среди наиболее электроотрицательных металлов, его электролитическое получение возможно только из электролитов, не содержащих в своем составе более электроположительных по сравнению с алюминием ионов. К таким электролитам относятся солевые расплавы, содержащие катионы щелочных и щелочноземельных элементов и обладающие достаточно хорошей растворимостью глинозема.

Основой современного промышленного электролита, используемого во всем мире, является система криолит глинозем ($\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{Al}_2\text{O}_3$), компоненты которой плавятся соответственно при 1100 и 2050 °С. В системе определена эвтектика с содержанием 10 % Al_2O_3 (температура плавления 968 °С). Увеличение содержания глинозема от 0 % до эвтектической точки снижает температуру плавления сплава. Дальнейшее даже незначительное повышение концентрации глинозема вызывает резкое повышение плавкости бинарного электролита. При температуре около 1040 – 1050 °С растворимость глинозема в криолите составляет примерно 15%.

Применяемый в настоящее время для электролиза алюминия электролит состоит из обогащенного фтористым алюминием криолит-глиноземного расплава с криолитовым отношением 2,5 – 2,9. Для снижения температуры плавления электролита, увеличения его электропроводности, улучшения смачиваемости электролитом анода и придания ему ряда других свойств в электролит вводят различные добавки в количестве, не превышающем суммарно 6 – 10 %. В качестве добавок обычно используют CaF_2 , LiF , MgF_2 , и NaCl . Ограничение содержания добавок в промышленном электролите обусловлено понижением растворимости Al_2O_3 при их введении. Содержание основных

компонентов в промышленном электролите колеблется в следующих пределах, %: Na_3AlF_6 75 – 90; AlF_3 5–12; CaF_2 2-10; Al_2O_3 1—10

Оптимальная температура электролизера в нормально работающем режиме колеблется от 950 до 970 °С. При этих температурах максимальная растворимость Al_2O_3 в электролите указанного состава составляет 8—10 %. В процессе электролиза глинозема его концентрация в электролите непрерывно снижается до предельно допустимой (около 1 %) Обеднение электролита глиноземом приводит к снижению вязкости электролита, некоторому уменьшению его плотности и ухудшению смачиваемости анода расплавом. Последнее при достижении минимально допустимого содержания Al_2O_3 приводит к нарушению технологического режима.

Убыль глинозема в электролите периодически или непрерывно пополняют. Плотность криолита, алюминия и глинозема в твердом состоянии соответственно равна 2950, 2700 и 3900 кг/м³. При рабочих температурах в электролизерах плотность расплавленного алюминия снижается до 2300, а электролита почти до 2000 кг/м³. Это, несмотря на незначительную разность плотностей (около 10%), обеспечивает удержание получаемого при электролизе алюминия на подине электролизера под слоем электролита. Уменьшению разности плотностей электролита и алюминия способствуют снижение температуры процесса и в некоторой степени уменьшение содержания в расплаве Al_2O_3 . При существенном снижении рабочей температуры возможно всплывание алюминия на поверхность, что приводит к нарушению процесса электролиза. При проведении процесса электролиза алюминия необходимо учитывать также летучесть компонентов криолитового расплава, которая приводит к потере AlF_3 и NaF . Расплавленный электролит в рабочем состоянии представляет собой сложный по составу расплав, состоящий из многочисленных ионов, образующихся при электролитической диссоциации его компонентов.

В соответствии с величинами потенциалов разряда в процессе электролиза криолито-глиноземного расплава по упрощенной схеме на электродах разряжаются ионы Al^{3+} и O^{2-} , образующиеся при электролитической диссоциации растворенного в электролите глинозема [1].



Следовательно, конечные результаты электрохимического процесса могут быть описаны следующими основными реакциями [2]:



Выделяющийся на аноде атомарный кислород тут же вступает во взаимодействие с углеродом анода и сжигает его с образованием смеси $\text{CO} + \text{CO}_2$ [2] :



Это приводит к постепенному расходованию анода. Газовые пузырьки при хорошем смачивании анода электролитом как бы смываются циркулирующим расплавом. По мере снижения в электролите концентрации глинозема

смачиваемость анода расплавом ухудшается и газовые пузырьки начинают закрепляться на поверхности раздела его с расплавом. Электросопротивление на границе раздела скачкообразно возрастает.

Электролиз глинозема проводят в электролизере, в котором имеется ванна из углеродистого материала. В ванне слоем 250-300 мм находится расплавленный алюминий, служащий катодом, и жидкий криолит.

Анодное устройство состоит из угольного анода, погруженного в электролит. Постоянный ток силой 70-400 кА и напряжением 4-4,5 В подводится для электролиза и разогрева электролита до температуры 1000С

Теоретически в процессе электролиза расходуется глинозем и углерод, а также электроэнергия на поддержание рабочей температуры. Фактически же расходуются и фтористые соли.

Процесс электролиза непрерывный, поэтому периодически в электролит загружают глинозем, а в анод - анодную массу. Для поддержания уровня и состава электролита загружают свежий и вторичный криолит, оборотный электролит, фтористый алюминий, соду кальцинированную.

Алюминий собирается на дне ванны под слоем электролита. Его периодически извлекают, используя специальное устройство.

Для нормальной работы ванны на ее дне оставляют немного алюминия. Алюминий, полученный электролизом, называют алюминием-сырцом.

В нем содержатся металлические и неметаллические примеси, газы. Примеси удаляют рафинированием, для чего продувают хлор через расплав алюминия. Образующийся парообразный хлористый алюминий, проходя через расплавленный металл, обволакивает частички примесей, которые всплывают на поверхность металла, где их удаляют. Хлорирование алюминия способствует также удалению Na, Ca, Mg и газов, растворенных в алюминии. Затем жидкий алюминий выдерживают в ковше или электропечи в течение 30—45 мин при температуре 690— 730° С для всплывания неметаллических включений и выделения газов из металла. После рафинирования чистота первичного алюминия составляет 99,5—99,85%.

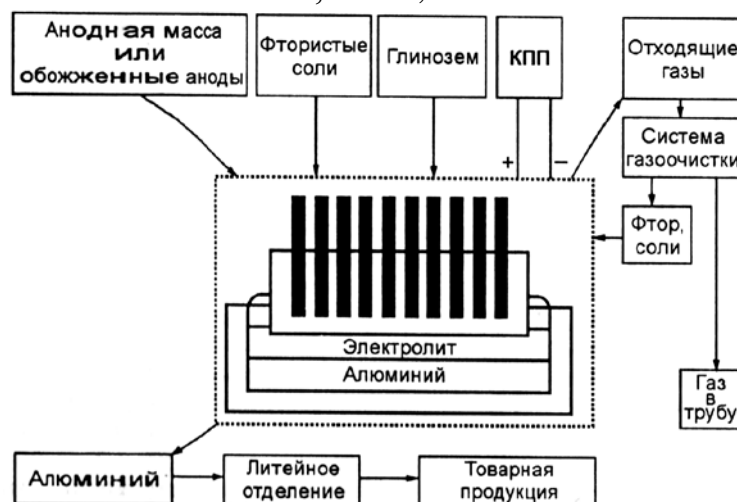


Рисунок 1.1 - Схема производства алюминия из глинозема

Нормальный процесс электролиза характеризуется следующими технологическими параметрами, представленными в таблице 1.1 [3]

Таблица 1.1 - Нормальный процесс электролиза характеризуется следующими технологическими параметрами

Рабочее напряжение, В	4,0 - 4,6
Межполюсное расстояние, см	4 - 5
Температура электролита, °С	940 - 960
Уровень металла, см	20 - 40
Уровень электролита, см	15 - 20
Криолитовое отношение	2,4 - 2,6

Таким образом, на процесс электролиза непосредственное влияние оказывают следующие параметры:

- стоимость электроэнергии;
- выход по току;
- напряжение электролизера;
- тепловые потери и тепловой баланс;
- состав и основные характеристики криолитовых расплавов;
- характеристики используемых промышленных электролитов.

1.2 Технология производства анодной массы

Существующий цех производства анодной массы состоит из четырех независимых технологических линий по производству анодной массы, расположенных в многоэтажном здании. Сырой нефтяной кокс поступает в анодное производство в полувагонах, разгружаемых в здании основного склада кокса.

Общая технологическая схема подготовки кокса для анодной массы представлена на рисунке 1.2. Из секций склада сырой кокс мостовыми кранами загружается в один из четырех бункеров, питающих две дробилки предварительного дробления ДДЗ-4М производительностью 240 т/час перед стадией прокаливания.

После этого раздробленный сырой кокс направляется на участок прокаливания одним из двух ленточных конвейеров производительностью 250 т/час, где подается на одну из двух дробилок вторичного дробления ДДЗ-6, а затем элеваторами в один из четырех силосов питания прокалочных печей.

Кокс загружается в холодный конец прокалочной печи при помощи автоматических весовых дозаторов типа ДВЛ – 25, производительностью 5-25 т/час. Технологическая загрузка печи составляет 14 – 16 т/час.

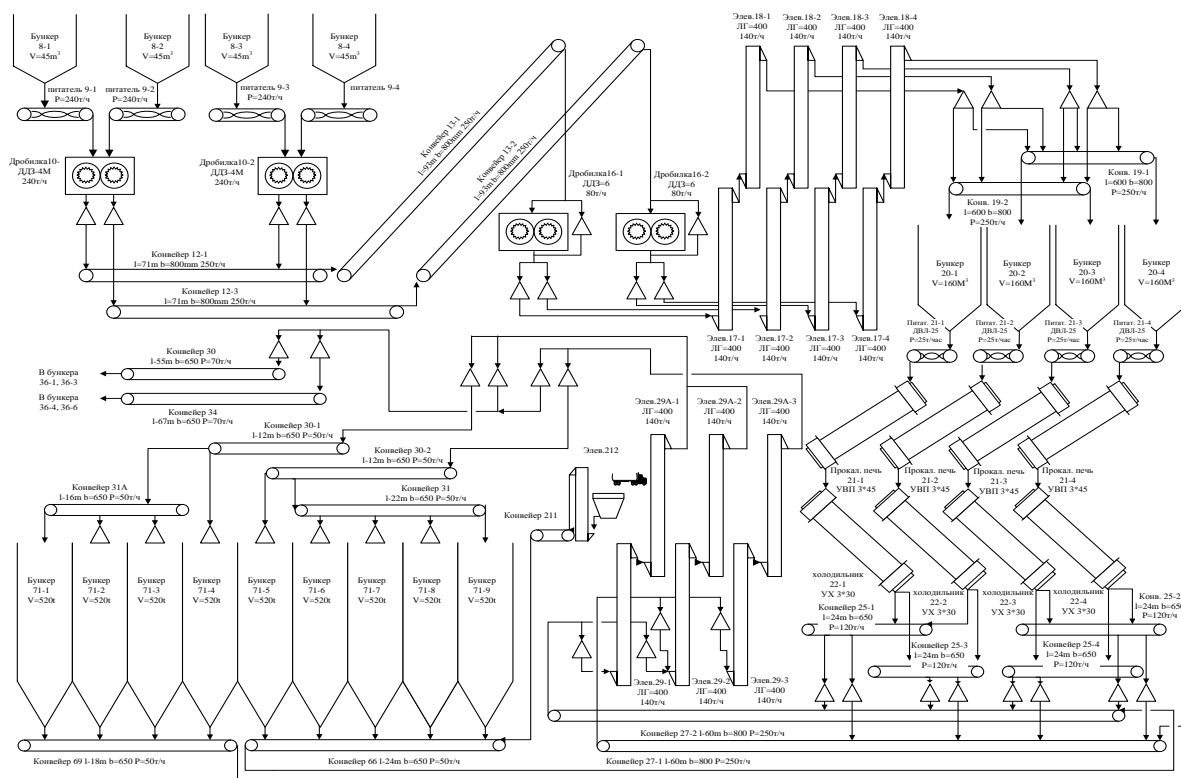


Рисунок 1.2 - Схема подготовки кокса для анодной массы

Проектная же производительность печи составляет 10 т/час по прокаленному коксу. Длина прокалочной печи составляет 45 м. Под влиянием наклона печи и вращательного эффекта барабана кокс перемещается к горячему концу и по футерованному узлу перегрузки поступает в барабанный вращающийся холодильник диаметром 3 м и длиной 30 м, снаружи орошаемый водой. Кокс, проходя по холодильнику, остывает до $T = 100 \div 120$ °С и по конвейерам и элеваторам поступает в размольно-смесильное отделение для производства анодной массы либо в один из девяти 520-тонных силосов хранения прокаленного кокса.

Спецификация на кокс, используемый при производстве анодной массы, приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Нефтяной кокс

Наименование показателя	Значение показателя		Метод контроля
	max	min	
1 Действительная плотность, г/см ³	2,05	2,1	СТП 05.2-96
2 Массовая доля летучих веществ, %	1,5	-	СТП 04.05-20-97
3 Пористость (объем интрузии), мл/г	150	90	Метод фирмы «Кайзер» Ртутный коррозиметр

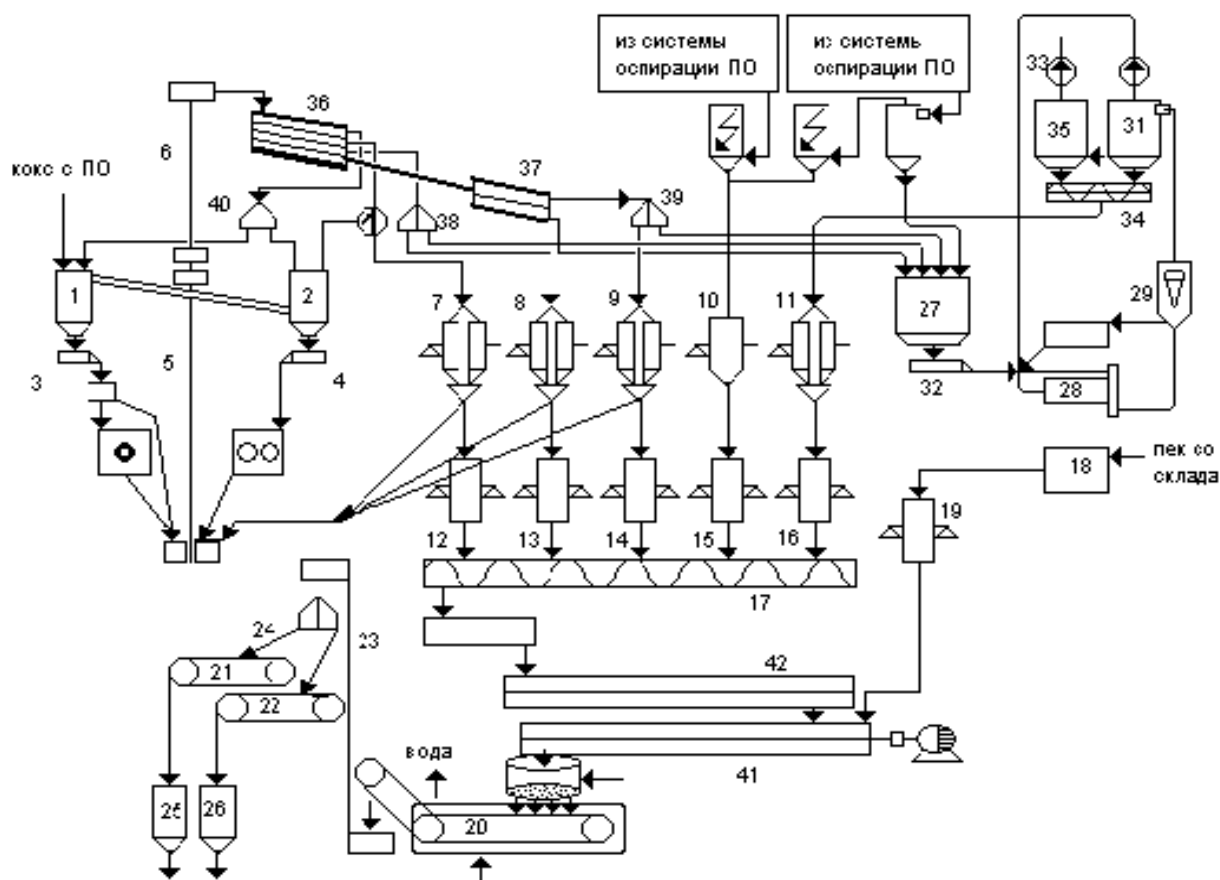
4 Массовая доля мелочи (%)	75	-	СТП 01 09-2.10.20.-95
5 Массовая доля влаги, %	0,5	-	ГОСТ 27588 ASTM D 4931-1989
6 Массовая доля серы, %	1,2	-	СТП 8606 СТП 04.05-25-98
7 Массовая доля, %:			
Железа	0,08	-	СТП 04.05-13-97
Кремния	0,08	-	Атомно-эмиссионный
Ванадия	0,015	-	спектрометр
Натрия	0,020	-	

Аппаратурно-технологическая схема размольно-смесительного отделения представлена на рисунке 1.3.

Прокаленный кокс поступает на участок производства анодной массы по одному из двух ленточных конвейеров производительностью 70 т/час каждый. С ленточных конвейеров прокаленный кокс выгружается в один из шести бункеров питания молотковых и валковых дробилок, в соответствии с рисунком 1.3, для последующего дробления и разделения на виброгрохотах на три фракции, от двух из которых отбирается материал для питания шаровой мельницы, продукт помола которой образует еще одну фракцию. В целом, четыре фракции прокаленного кокса подаются в сортовые бункера для последующего их использования в производстве анодной массы. Из фракционных бункеров все четыре фракции нефтяного кокса дозируются с помощью установленных под ними весовых дозаторов. От дозаторов все четыре фракции под действием силы тяжести стекают по течкам в дисковые подогреватели ППД, где температура кокса поднимается до требуемого технологией уровня перед подачей коксовой шихты на смеситель анодной массы. Каждая технологическая линия имеет по одному смесителю СНС-400/2 с двумя шнеками, пароподогревом и производительностью 8-9 т/час анодной массы.

Для охлаждения анодной массы используют воду из системы «оборотного» водоснабжения. Количество воды, подаваемой на охлаждение, должно обеспечивать охлаждение анодной массы, исключаящее её слипание. Температура воды в ваннах не должна превышать 45⁰С. При повышении температуры оборотной воды на входе в цех, свыше 25⁰С, схема охлаждения должна быть переключена на «пром-воду».

Для ведения технологии «полусухого» и «сухого» анода в РСО ЦАМ выпускают анодную массу 4 типов. Данные по грансоставу и процентному содержанию связующего компонента для каждого типа анодной массы, приведены в таблице 1.3.



Средний размол

1-бункер молотковой дробилки; 2- бункер валковой дробилки; 3 , 4 – качающийся питатель КЛ-8; 5, 6 – ковшевой элеватор.

Система дозирования

7- сортовой бункер для крупки-1; 8 - сортовой бункер для крупки-2; 9 - сортовой бункер для отсева; 10 - сортовой бункер для фильтровой пыли; 11 - сортовой бункер для пыли; 12 – дозатор «Prokon» для крупки-1; 13 - дозатор «Prokon» для крупки-2; 14 - дозатор «Prokon» для отсева; 15 - дозатор «Prokon» для фильтровой пыли; 16 - дозатор «Prokon» для пыли; 17 – сборный шнек; 18 – напорный бак пека; 19 - дозатор «Prokon» для пека.

Транспортирование и складирование готовой продукции

20, 21, 22- ленточные транспортеры; 23 – ковшовый элеватор; 24 – перекидная течка; 25, 26 - бункер для готовой продукции.

Тонкий помол

27 – бункер питания шаровой мельницы; 28 – шаровая мельница FC 8; 29 – турбоклассификатор; 30 – мельничный вентилятор; 31 – циклон D-1450; 32 – шнековый питатель; 33 – вентилятор после рукавного фильтра; 34 – сборный шнек; 35 – рукавный фильтр.

Грохочение

36 - грохот фирмы «Locket» R-523; 37 - грохот фирмы «Locket» R-83; 38, 39, 40 – управляемые электрические перекидные точки;

Смешение анодной массы

41- смеситель фирмы «Buss» KE-500

Подогрев коксовой шихты

42 – шнековый подогреватель HOLD FLITE фирмы «Denver».

Рисунок 1.3 - Аппаратурно-технологическая схема размольно-смесительного отделения

Таблица 1.3 – Содержание связующего компонента

Компо- нент	ТЕХНОЛОГИЯ «СУХОГО» АНОДА			ТЕХНОЛОГИЯ «ПОЛУСУХОГО» АНОДА		
	Фракция , мм	Сухая АМ, %	Подштыре- вая АМ, %	Фракция, мм	Сухая АМ, %	Жирная АМ, %
	+12,5	до 2,0	-	+8,0	до 1,5	до 1,5
Крупка-1	-12,5	19 ± 2	до 0,5	-8,0	$16,5 \pm 2$	$16,5 \pm 2$
	+4,75			+4,0		
Крупка-2	-4,75	19 ± 2	$25,5 \pm 2$	-4,0	$29,0 \pm 2$	$29,0 \pm 2$
	+1,18			+1,0		
Отсев	-1,18	$24,0 \pm 2$	$29,0 \pm 2$	-1,0	$24,0 \pm 2$	$24,0 \pm 2$
	+0,212			+0,075		
Пыль	-0,212	$38,0 \pm 2$	$45,5 \pm 2$	-0,075	$30,0 \pm 2$	$30,0 \pm 2$
	в т.ч.	26,6	$31,5 \pm 1,5$			
	-0,075	$\pm 1,5$				
Пек		25- 27,5	38 – 42		28 ± 1	37 ± 1

При изготовлении анодной массы в качестве связующего вещества используется каменноугольный пек двух видов: среднетемпературный и высокотемпературный в соответствии с таблицами 1.4, 1.5. Каменноугольный пек приходит в анодное производство в жидком виде в железнодорожных термоцистернах и в гранулированном виде в однотонных «биг-бэгах». Термоцистерны имеют электроподогрев для расплавления пека перед его выгрузкой под давлением пара через сливные стояки в один из четырех наземных резервуаров хранения жидкого пека с электроподогревом. Гранулированный же пек выгружается в один из подземных пекоприемников с паровобогреваемыми регистрами для плавления и последующей перекачки пека в один из тех же четырех наземных резервуаров. Из резервуаров пек перекачивается по одному из двух электрообогреваемых пекопроводов в один из двух расходных баков главного корпуса дирекции по анодной массе, в ходе чего температура пека доводится до требуемого технологией уровня. Из расходных же баков пек подается непосредственно на жидкостные дозаторы пека, подающие его в требуемой пропорции к коксовой шихте на смеситель анодной массы.

Таблица 1.4 – Пек каменноугольный среднетемпературный (СТП)

Наименование показателя	Значение показателя		Метод контроля
	max	min	
Массовая доля воды, %	0,5	-	ГОСТ 2477
Выход летучих веществ, %	59	56	ГОСТ 9951
Массовая доля веществ нерастворимых в хинолине, %	10	5	ISO 6791-1981 ГОСТ 10200
Массовая доля веществ нерастворимых в толуоле, %	-	25	ISO 6376-1980 (E) ГОСТ 7847
Дистилляция содержания фракции в точке кипения до 360 ⁰ С, %	6	-	ASTM D 2569-1991
Коксовый остаток, %	-	50	ISO 6998-1984
Вязкость с плотностью - при 155 ⁰ С - при 185 ⁰ С	1500 300	400 100	ASTM D 4402-1987
Зольность, %	0,3	-	ISO 8006 ГОСТ 7846
Массовая доля серы, %	0,5	-	СТП 04.05-25-98
Массовая доля натрия, %	0,020	-	СТП 04.05-13-97

Таблица 1.5 – Пек каменноугольный высокотемпературный (ВТП)

Наименование показателя	Значение показателя		Метод контроля
	max	min	
Массовая доля воды, %	0,5	-	ГОСТ 2477
Температура размягчения, ⁰ С	20	110	ASTM D 3104-1987 (метод «метсера»)
Веществ выход летучих, %	57	53	ГОСТ 9951
Массовая доля веществ нерастворимых в хинолине, %	10	6	ISO 6791-1981 ГОСТ 10200

Массовая доля веществ нерастворимых в толуоле, %	-	26	ISO 6376-1980 (E) ГОСТ 7847
Дисциплина содержания фракции в точке кипения до 360 ⁰ С, %	4	-	ASTM D 2569-1991
Коксовый остаток, %	-	55	ISO 6998-1984
Вязкость с плотностью - при 155 ⁰ С - при 185 ⁰ С	4500 500	1500 300	ASTM D 4402-1987
Зольность, %	0,3	-	ISO 8006 ГОСТ 7846
Массовая доля серы, %	0,5	-	СТП 04.05-25-98 (анализатор серы «LECO»)
Массовая доля натрия, %	0,020	-	СТП 04.05-13-97

Таблица 1.6 – Удельные нормы расхода сырья

Наименование	Расходный коэффициент на 1т анодной массы	Примечание
Кокс (сырой, прокаленный)	825-860	При потреблении прокаленного кокса от 0 до 20%
Пек:		
СТП	305-315	для технологии «полусухого» анода
ВТП	270-290	для технологии «сухого» анода

2 Механическое оборудование

2.1 Установка вращающейся печи и холодильника

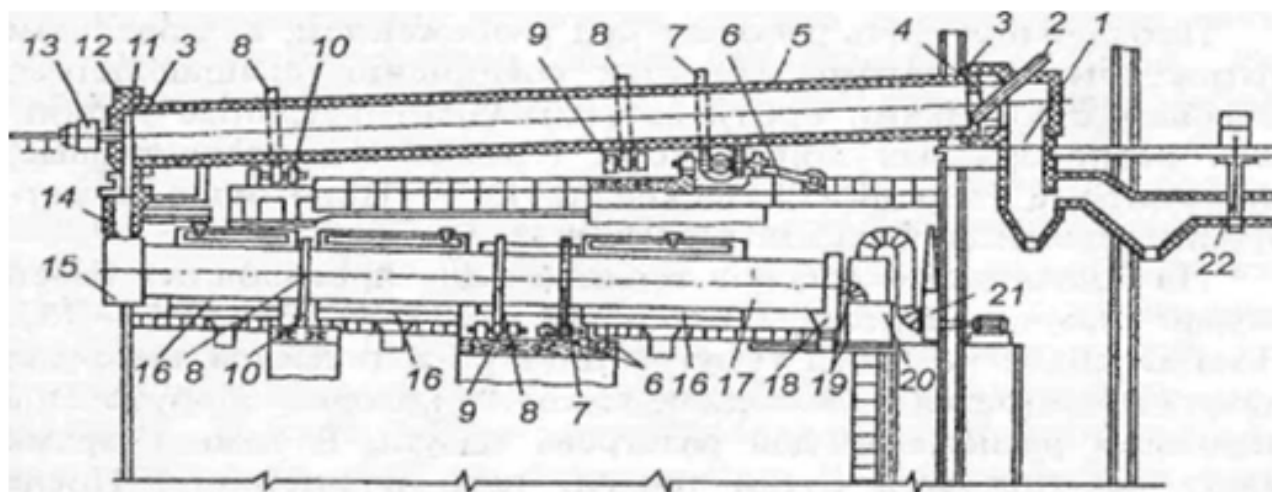
Предварительно раздробленный кокс по системе конвейеров подается в бункер, расположенный над печью, а из него через весовое устройство подается по течке в прокалочную печь. На ряде заводов весоизмерительные устройства и отсутствуют. Прокалочная печь противоточного типа: сырье движется навстречу потоку горячего газа, который образуется при сжигании жидкого или газообразного топлива в форсунке, расположенной в горячей (нижней) головке печи. Одновременно сгорают и выделяющиеся при нагревании материала летучие соединения. Воздух, необходимый для сгорания топлива и летучих, подается двумя потоками: один непосредственно к горелочному устройству, а другой — через холодильник и перегрузочную течку.

Прокаленный материал по перегрузочной течке поступает во вращающийся барабанный холодильник, снабженный наружным водяным охлаждением. Охлажденный до 100-110 °С материал из холодильника поступает на ленточный конвейер и элеватор, который поднимает его в бункер запаса. На ряде заводов предусмотрена также подача кокса после конвейера в дробильно-размольное отделение.

Отходящие от печи дымовые газы через пылеосадительную камеру и газоход поступают в котел-утилизатор, в котором тепло отходящих газов используется для получения пара и подогрева воздуха, подаваемого в печь. Отдав часть тепла в котле-утилизаторе, охлажденные газы через электрофильтр выбрасываются через дымовую трубу в атмосферу дымососом, предварительно очищаясь в циклонах.

Прокалочная печь состоит из следующих основных узлов: цилиндрического стального барабана, футерованного изнутри огнеупорным кирпичом, опорных устройств, привода, головок - топочной (горячей) и газоотводящей (холодной) и перегрузочного устройства.

Установка печи с холодильником приведена на рисунке 2.1.



1 — пылевая камера; 2 — загрузочная течка; 3 — уплотнения головок печи; 4 — подпорное кольцо; 5 — корпус печи; 6 — привод; 7 — венцовая шестерня; 8 — бандаж; 9 — опорно-упорные ролики; 10 — опорная станция; 11 — защитное кольцо; 12 — нижняя

(горячая) головка печи; 13 — горелочное устройство; 14 — перегрузочная тачка; 15 — верхняя головка холодильника; 16 — ванна охлаждения холодильника; 17 — корпус холодильника; 18 — нижняя головка холодильника; 19 — воздухозаборник; 20 — рукавный фильтр; 21 — дымосос; 22 — шибер.

Рисунок 2.1 – Установка вращающейся печи и холодильника

Корпус печи состоит из отдельных, сваренных между собой секций. На горячем торце к внутренней поверхности корпуса приварено упорное кольцо, предотвращающее осевой сдвиг футеровки. В холодной (верхней) головке печи устанавливается подпорное кольцо, которое предотвращает просыпку материала из корпуса печи в пылевую камеру.

На корпусе печи в зависимости от ее длины закреплены два или три бандажа, изготовленные из прочной стали и опирающиеся на роликоопоры. Число опор зависит от длины барабана; при длине барабана 40-45м оно не превышает трех.

Корпус печи между опорами работает на изгиб, и для его усиления под бандажами устанавливаются кольцевые или пластинчатые накладки. Каждая из опор состоит из двух роликов, которые при регулировке печи могут перемещаться на опорной плите.

Бандажи изготовлены в виде колец из специальной твердой литой стали. Крайние бандажи за счет температурных изменений длины барабана меняют положение относительно опорных роликов, средний же находится между контрольными роликами, ограничивающими его перемещение в нейтральном сечении барабана. Венцовая шестерня крепится к барабану плоскими стальными пластинами, установленными по касательной к нему. Она закрыта стальным кожухом, предохраняющим ее от попадания посторонних предметов и грязи. Чтобы наклонно расположенный барабан печи не мог сместиться по роликам на величину, большую установленной, опорные ролики смонтированы так, что их рабочая цилиндрическая поверхность находится под не большим углом к рабочей поверхности бандажа. Во избежание схода барабана с опорных роликов в случае поломки оси контрольного ролика по обе стороны верхнего бандажа установлены неподвижные упоры. Для повышения поперечной жесткости барабана между бандажами смонтированы кольца жесткости с радиальными зазорами между корпусом и кольцом.

Верхний конец печи входит в пылевую камеру, которая служит для эвакуации отходящих газов, сбора просыпавшегося материала и частичного осаждения пыли, вынесенной из печи дымовыми газами. Нижний конец печи входит в откатную головку, в торце которой смонтировано газогорелочное устройство, состоящее из форсунки для подачи природного газа (или мазута) и первичного воздуха. Ниже форсунки в торце откатной головки смонтирован люк, предназначенный для осмотра футеровки печи, подачи материала при ремонте и пр. Кроме того, в торце головки монтируется водоохлаждаемая камера для установки радиационного пирометра.

Прокалочная печь работает под разрежением, создаваемым дымососом, и поэтому в местах соединения вращающегося барабана с головками

предусмотрены уплотнительные устройства разнообразных конструкций (графитовые, лепестковые, лабиринтные, аэродинамические и пр)

2.2 Холодильник

Прокаленный материал из печи по перегрузочной течке попадает в верхнюю головку холодильника, конструкция которого аналогична прокалочной печи. Диаметр холодильника и его длина, как правило, на 25—30 % меньше, чем у прокалочной печи, а угол наклона и число оборотов больше. Передняя (горячая) часть холодильника на протяжении 2—4 м футерована огнеупорным кирпичом, но на некоторых установках футеровка отсутствует, и в этом случае барабан холодильника оснащен водоохлаждаемыми полками и снаружи интенсивно охлаждается водой. Внутри холодильника распложены полки, которые перемешивают материал и поднимают его на определенную высоту. Разгрузочное отверстие холодильника, через которое выгружается охлажденный материал, должно быть тщательно герметизировано, так как засасываемый в холодильник воздух попадает в печь и вызывает дополнительный угар материала.

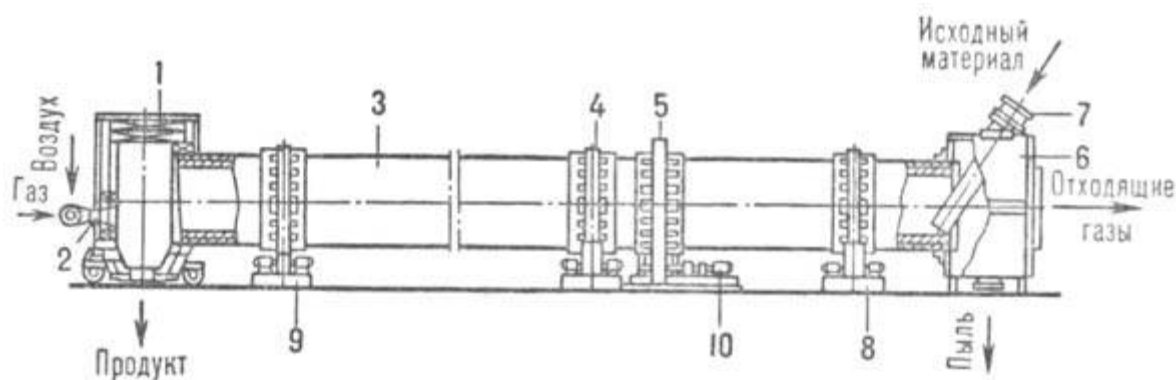
3 Обзор и анализ оборудования

В данном разделе произведен анализ оборудования различных видов барабанных печей с целью выбора печи с наиболее простой конструкцией, наибольшей производительностью, экономичностью, простотой управляемости процесса и качеству обожженного продукта – огарки.

3.1 Трубчатая (барабанная) вращающаяся прокалочная печь

Известна трубчатая (барабанная) вращающаяся печь, предназначенная для обжига материалов с целью реализации окислительных процессов и/или процессов термической диссоциации или иных физико-химических процессов.

Недостатками барабанной печи являются: относительно высокий вынос пыли (до 20-25%) при переработке тонких порошкообразных материалов (менее 1 мм) из-за высокой скорости газового потока внутри барабана печи; образование бугров настелей, образующихся на внутренней поверхности печи при переработке сырья, содержащего легкоплавкие компоненты, что требует аварийной остановки печи.



1-откатная головка; 2-горелка; 3-барабан; 4-бандаж; 5-венцовая шестерня; 6-пыльная камера; 7-наклонная течка; 8-опорная станция; 9-опорно-упорная станция; 10-механизм привода.

Рисунок 3.1 – Вращающаяся печь

3.2 Шнеко-трубчатая печь

Известно устройство (аналог) – шнеко-трубчатая печь, содержащая рабочую камеру, бункер с загрузочным шнеком, загрузочную камеру, разгрузочную камеру со шнеком, специальное приспособление для удаления налипания.

Недостатком печи является налипание слоя перерабатываемого материала на внутреннюю поверхность барабана и необходимость в размещении внутри нагреваемого барабана специального водоохлаждаемого приспособления для удаления налипающего материала, что влечет удорожание печи, усложняет конструкцию печи. Существенным недостатком известной печи является потенциальная опасность взрыва из-за возможной протечки воды

водоохлаждаемых элементов специального приспособления размещенного внутри разогретого барабана (замкнутого объема), так как оперативный осмотр степени износа водоохлаждаемого приспособления внутри нагреваемого барабана печи не предусмотрен.

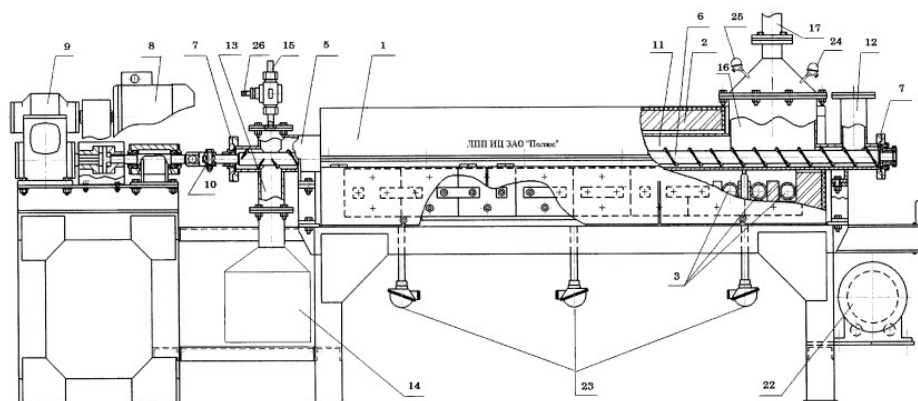


Рисунок 3.2 – Шнеко-трубчатая печь

3.3 Вращающаяся барабанная обжиговая печь

Известно устройство (аналог) - вращающаяся барабанная обжиговая печь, применяемая в металлургии редкоземельных элементов для сыпучих материалов, включающая стальной барабан, с размещенными на его внутренней стороне винтовыми пластинами.

Недостатками печи являются наличие размещенных на внутренней стороне стального барабана винтовых пластин, что влечет забивание и залипание межвиткового пространства при работе с влажным материалом, и приводит к уменьшению геометрического и рабочего пространства барабана печи и, как следствие, к уменьшению производительности печи. Сложная геометрия внутреннего пространства барабана данной печи приводит к низкой управляемости процессом при регулировании продолжительности обжига и плохой отгонке возгоняющихся элементов, а также к плохому прогреву обжигаемого материала при косвенном нагреве барабана печи из-за возможного забивания и залипания межвиткового пространства, что существенно ухудшает управляемость процесса и качество обожженного продукта - огарка.

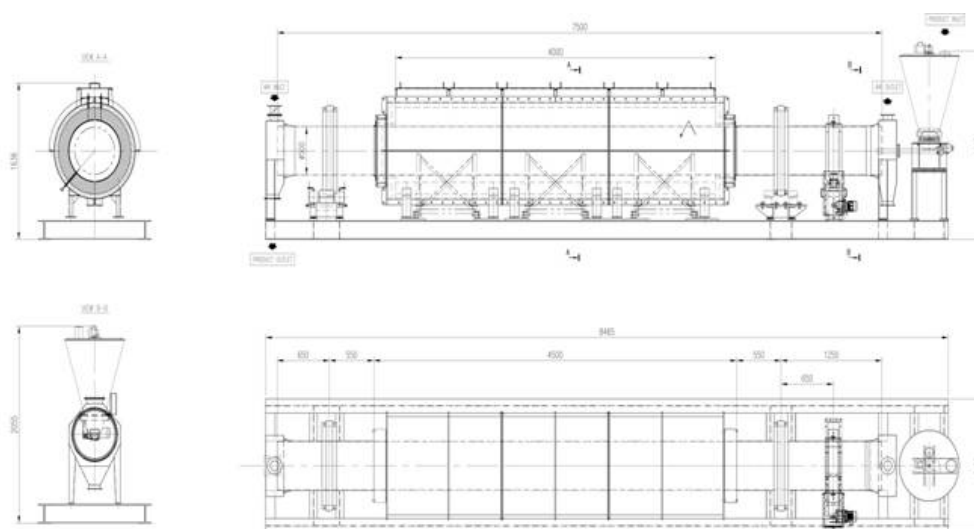


Рисунок 3.3 – Вращающаяся барабанная обжиговая печь для сыпучих материалов

3.4 Устройство для пиролиза измельченных материалов

Известно устройство для пиролиза измельченных материалов, содержащее загрузочный бункер, шнековый питатель с вертикальным отводом, сообщаемым с верхней частью трубы-реторты, содержащей шнек для перемещения обрабатываемого материала от зоны загрузки к зоне выгрузки с одновременной реализацией процесса пиролиза за счет подвода тепла от системы нагревателей, расположенных по всей длине реторты, при этом в верхней части трубы-реторты по всей длине выполнена система отверстий-газоходов для отвода газов, образующихся при пиролизе, а в противоположном от загрузки конце реторты располагается устройство выгрузки получаемого угля.

Недостатком устройства для пиролиза является применение системы отверстий-газоходов в верхней части трубы-реторты, что приводит при заполнении трубы реторты измельченным материалом к попаданию измельченных материалов в отверстия-газоходы и их забивание. Особенно этот недостаток проявляется при работе с влажными тонкодисперсными материалами и одновременном присутствии высокотемпературных возгонов. Этот недостаток не позволяет использовать данное устройство для обжига, так как забивание газоходных отверстий приводит к нарушению процесса обжига, т.е. данное устройство не предусматривает специальную подачу газа в трубу-реторту.

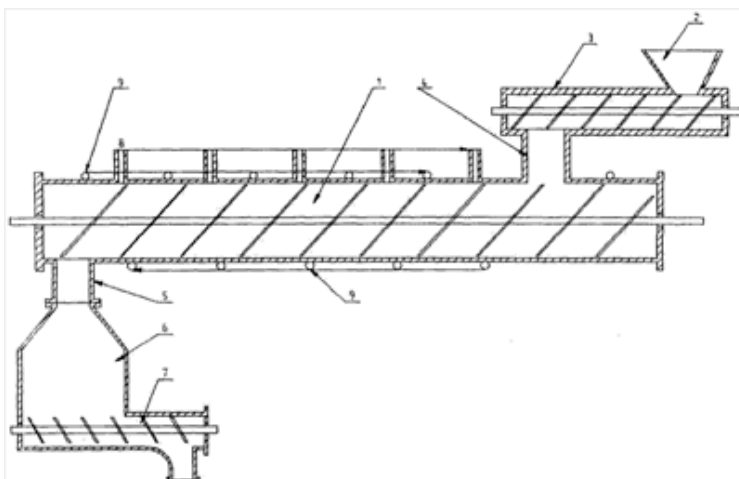


Рисунок 3.4 – Устройство для пиролиза измельченных материалов

3.5 Устройство для переработки материала при пиролитических условиях

Известно устройство (аналог) для переработки материала при пиролитических условиях, содержащее корпус для переработки материала, в котором расположен сдвоенный экструзионный шнек с поочередно расположенными лопастями соседних шнеков, имеющих противоположные направления вращения.

Недостатком устройства является корпус, имеющий поперечное сечение в форме "∞" и расположение шнеков как можно ближе к корпусу для расположения перерабатываемого материала между лопастями шнеков. Такое известное устройство наиболее удобно для переработки термопластичных и гомогенных материалов, способных прилипать при нагреве к корпусу и шнекам. Однако при переработке недеформируемых или малодеформируемых материалов сдвоенные шнеки по типу экструзионных будут заклинивать, что повлечет аварийный останов известного устройства и необходимость выполнения его ремонта в разогретом состоянии, что весьма проблематично при переработке материалов, содержащих опасные вещества (серу, сульфиды, мышьяк и т.п.).

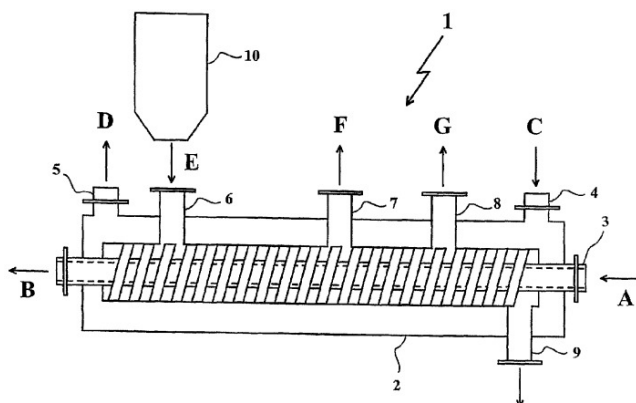


Рисунок 3.5 – Устройство для переработки материала при пиролитических условиях

На основании выше проведенного анализа оборудования выбираем трубчатую вращающуюся прокаточную печь для прокаливания коксов и антрацита благодаря высокой производительности и хорошему тепловому КПД, сравнительно низкому расходу тепла и небольшому угару материала.

Данная печь имеет наиболее простую геометрию внутреннего пространства барабана, что упрощает управляемость процессов при регулировании продолжительности обжига, что не влечет ее удорожания, а также у данной печи наиболее высокое качество обожженного продукта – огарки.

4 Повышение эффективности эксплуатации прокалочных печей

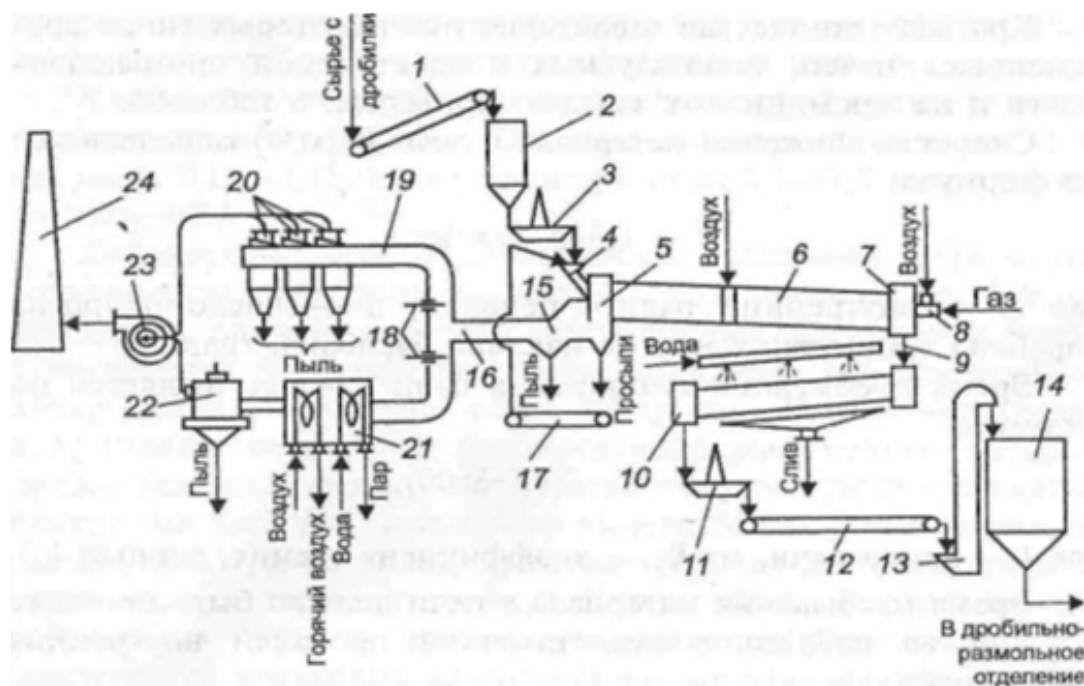
4.1 Описание и основные технические характеристики прокалочной печи

В цеху анодной массы ОАО «Русал- Красноярск» в качестве прокалочной печи установлена трубчатая вращающаяся печь длиной 45 метров.

Вращающиеся барабанные печи нашли широкое применение на алюминиевых и электродных заводах для прокаливания коксов и антрацита благодаря высокой производительности и хорошему тепловому КПД (около 50 %), сравнительно низкому расходу тепла и небольшому угару материала.

Эти изобретения относятся к области металлургии, в частности к обжиговым печам непрерывного действия, предназначенным для термической обработки материала при контролируемой газовой атмосфере и температуре нагрева в режиме непрерывной работы и постоянном перемешивании материала, и особенно, но не ограничиваясь, пригодна для обжига материалов содержащих одновременно уголь, сульфиды, мышьяк и сурьму.

Принципиальная технологическая схема прокалочного отделения, оборудованного вращающейся печью, представлена на рисунке 4.1.1.



1 — конвейер, 2 — бункер над печью; 3 — весы-дозатор; 4 — загрузочное устройство; 5 — верхняя головка печи; 6 — прокалочная печь; 7 — нижняя головка печи; 8 — горелка; 9 — персфузочная точка; 10 — холодильник; 11 — весоизмеритель; 12 — конвейер; 13 — элеватор; 14 — бункер запаса; 15 — пылесосающая камера; 16 — газоход; 17 — система возврата иросыпи; 18 — шиберы; 19 — обводной боров; 20 — батарея циклонов; 21 — котел-утилизатор; 22 — электрофильтр; 23 — дымосос; 24 — дымовая труба.

Рисунок 4.1.1 – Технологическая схема прокалочного отделения

Предварительно раздробленный кокс по системе конвейеров 1 подается в бункер 2, расположенный над печью, а из него через весовое устройство 3 подается по точке 4 в прокалочную печь 6. На ряде заводов весоизмерительные

устройства 3 и 11 отсутствуют. Прокалочная печь противоточного типа: сырьё движется навстречу потоку горячего газа, который образуется при сжигании жидкого или газообразного топлива в форсунке 8, расположенной в горячей (нижней) головке печи 7. Одновременно сгорают и выделяющиеся при нагревании материала летучие соединения. Воздух, необходимый для сгорания топлива и летучих, подается двумя потоками: один непосредственно к горелочному устройству, а другой — через холодильник 10 и перегрузочную течку 9.

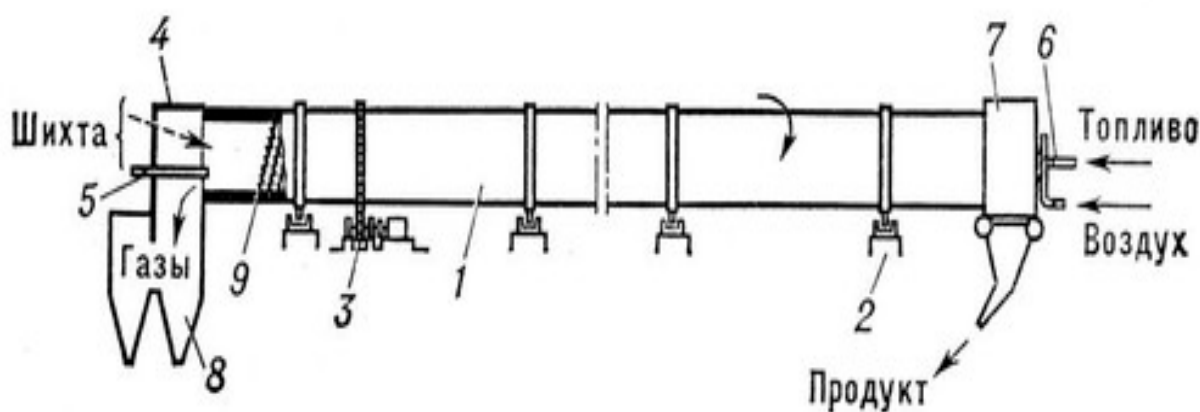
Прокаленный материал по перегрузочной течке 9 поступает во вращающийся барабанный холодильник 10, снабженный наружным водяным охлаждением. Охлажденный до 100-110 °С материал из холодильника поступает на ленточный конвейер 12 и элеватор 13, который поднимает его в бункер запаса 14. На ряде заводов предусмотрена также подача кокса после конвейера 12 в дробильно-размольное отделение.

Отходящие от печи дымовые газы через пылеосадительную камеру 15 и газоход 16 поступают в котел-утилизатор 21, в котором тепло отходящих газов используется для получения пара и подогрева воздуха, подаваемого в печь. Отдав часть тепла в котле-утилизаторе, охлажденные газы через электрофильтр 22 выбрасываются через дымовую трубу 24 в атмосферу дымососом 23, предварительно очищаясь в циклонах 20.

Вращающаяся печь (трубчатая печь, барабанная печь), промышленная печь цилиндрической формы с вращательным движением вокруг продольной оси, предназначенная для нагрева сыпучих материалов с целью их физико-химической обработки. Вращающиеся печи различают: по принципу теплообмена - с противотоком и с параллельным током газов и материала; по способу передачи энергии - с прямым, косвенным (через стенку муфеля) и комбинированным нагревом обрабатываемого материала. По назначению вращающиеся печи различают: для спекания шихты в производстве глинозёма, получения цементного клинкера, окислительного, восстановительного, хлорирующего обжига, прокалики гидроокиси алюминия, кокса, карбонатов, сульфатов и др., обезвоживания материалов, извлечения цинка и свинца (вельц-печи), получения железа или сплавов цветных металлов их прямым восстановлением из руд в твёрдой фазе (кричные печи), обжига огнеупорного сырья и др.

Основными являются вращающиеся печи, в которых сжигается пылевидное, твёрдое, жидкое или газообразное топливо непосредственно в рабочем пространстве печи и греющие газы движутся навстречу обрабатываемому материалу.

Прокалочная печь, представленная на рисунке 4.1.2, состоит из следующих основных узлов: цилиндрического стального барабана, футерованного изнутри огнеупорным кирпичом, опорных устройств, привода, головок - топочной (горячей) и газоотводящей (холодной) и перегрузочного устройства.



1 – цилиндрический стальной барабан; 2 - опорные ролики; 3 - привод; 4 – холодная головка печи; 5 - форсунки; 6 – горелка; 7- горячая головка печи; 8 - гозоочистка; 9 – теплообменник.

Рисунок 4.1.2 – Прокалочная печь

Основные технические характеристики вращающейся печи, используемой в цеху анодной массы ОАО «Русал- Красноярск», приведены в таблице. 4.1.

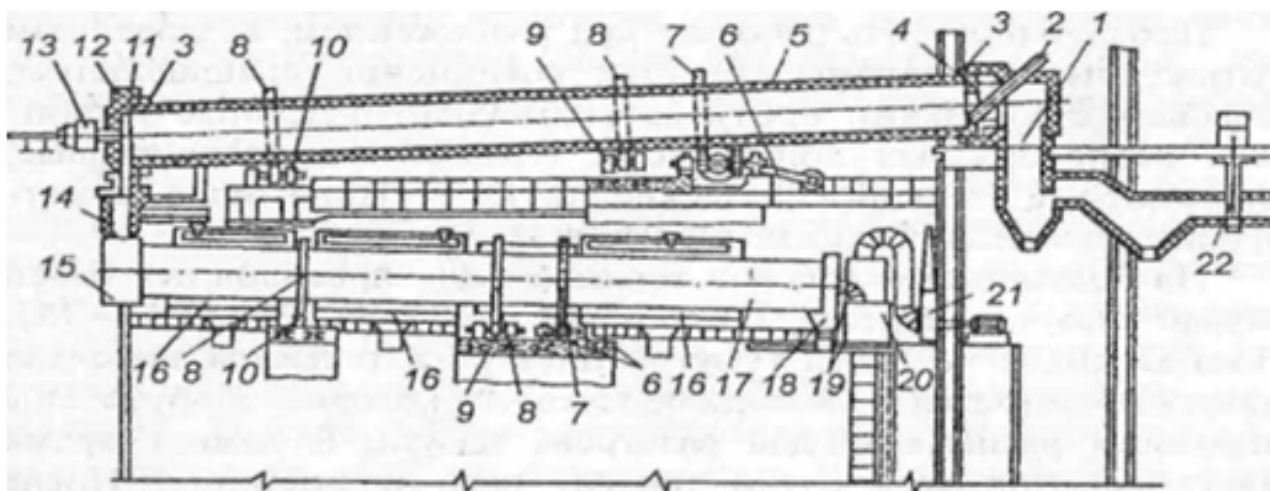
Таблица 4.1 – Основные технические характеристики вращающейся печи

Показатель	Значение
Длина, м	45
Диаметр барабана, м:	
наружный	3,0
внутренний	2,5
Угол наклона барабана, град	1-2
Скорость вращения барабана, об/мин	3,5
Производительность по загрузке, т/ч	10,0
Время пребывания материала в печи, мин	72
Скорость движения материала в печи, м/мин	0,82
Коэффициент заполнения печи, %	6,4
Температура отходящих газов, °С	700

В настоящее время наибольшее распространение получили вращающиеся прокалочные печи с барабанными холодильниками.

4.2 Установка печи с холодильником

Установка печи с холодильником приведена на рисунке 4.2.1.



1 — пылевая камера; 2 — загрузочная течка; 3 — уплотнения головок печи; 4 — подпорное кольцо; 5 — корпус печи; 6 — привод; 7 — венцовая шестерня; 8 — бандаж; 9 — опорно-упорные ролики; 10 — опорная станция; 11 — защитное кольцо; 12 — нижняя (горячая) головка печи; 13 — горелочное устройство; 14 — перегрузочная течка; 15 — верхняя головка холодильника; 16 — ванна охлаждения холодильника; 17 — корпус холодильника; 18 — нижняя головка холодильника; 19 — воздухозаборник; 20 — рукавный фильтр; 21 — дымосос; 22 — шибер.

Рисунок 4.2.1 – Установка вращающейся печи и холодильника

Корпус печи состоит из отдельных, сваренных между собой секций. На горячем торце к внутренней поверхности корпуса приварено упорное кольцо, предотвращающее осевой сдвиг футеровки. В холодной (верхней) головке печи устанавливается подпорное кольцо, которое предотвращает просыпку материала из корпуса печи в пылевую камеру.

На корпусе печи в зависимости от ее длины закреплены два или три бандажа, изготовленные из прочной стали и опирающиеся на роликоопоры. Число опор зависит от длины барабана; при длине барабана 40-45м оно не превышает трех.

Корпус печи между опорами работает на изгиб, и для его усиления под бандажами устанавливаются кольцевые или пластинчатые накладки. Каждая из опор состоит из двух роликов, которые при регулировке печи могут перемещаться на опорной плите.

Бандажи изготовлены в виде колец из специальной твердой литой стали. Крайние бандажи за счет температурных изменений длины барабана меняют положение относительно опорных роликов, средний же находится между контрольными роликами, ограничивающими его перемещение в нейтральном сечении барабана. Венцовая шестерня крепится к барабану плоскими стальными пластинами, установленными по касательной к нему. Она закрыта стальным кожухом, предохраняющим ее от попадания посторонних предметов и грязи. Чтобы наклонно расположенный барабан печи не мог сместиться по роликам на величину, большую установленной, опорные ролики смонтированы так, что их рабочая цилиндрическая поверхность находится под не большим углом к рабочей поверхности бандажа. Во избежание схода барабана с опорных роликов

в случае поломки оси контрольного ролика по обе стороны верхнего банджа установлены неподвижные упоры. Для повышения поперечной жесткости барабана между банджами смонтированы кольца жесткости с радиальными зазорами между корпусом и кольцом.

Привод печи осуществляется зубчатой парой; на корпусе печи размещена венцовая шестерня, а подвенцовая — закреплена на валу редуктора привода. Крепление венцовой шестерни выполняют различными способами, но во всех случаях учитывается тепловое расширение корпуса печи.

Верхний конец печи входит в пылевую камеру, которая служит для эвакуации отходящих газов, сбора просыпавшегося материала и частичного осаждения пыли, вынесенной из печи дымовыми газами. Нижний конец печи входит в откатную головку, в торце которой смонтировано газогорелочное устройство, состоящее из форсунки для подачи природного газа (или мазута) и первичного воздуха. Ниже форсунки в торце откатной головки смонтирован люк, предназначенный для осмотра футеровки печи, подачи материала при ремонте и пр. Кроме того, в торце головки монтируется водоохлаждаемая камера для установки радиационного пирометра. Пылевая камера и откатная головка футеруются огнеупорным кирпичом.

Прокалочная печь работает под разрежением, создаваемым дымососом, и поэтому в местах соединения вращающегося барабана с головками предусмотрены уплотнительные устройства разнообразных конструкций (графитовые, лепестковые, лабиринтные, аэродинамические и пр.

На большинстве заводов топливом для прокалочных печей служит мазут в основном марок 40 и 100 (ГОСТ 10585—75). Поступающий на завод мазут в цистернах подается на склад мазута и сливается в свободные емкости, которые оборудованы паровыми регистрами для разогрева мазута. В зимнее время мазут разогревается путем подачи пара в цистерну. После нагрева мазута до температуры 40—50 °С и его отстоя в течение 10—12 ч производят слив отстоявшейся воды. Перед подачей в форсунку мазут фильтруется и нагревается до температуры около 140 °С.

Холодильник. Прокаленный материал из печи по перегрузочной течке попадает в верхнюю головку холодильника, конструкция которого аналогична прокалочной печи. Диаметр холодильника и его длина, как правило, на 25—30 % меньше, чем у прокалочной печи, а угол наклона и число оборотов больше. Передняя (горячая) часть холодильника на протяжении 2—4 м футерована огнеупорным кирпичом, но на некоторых установках футеровка отсутствует, и в этом случае барабан холодильника оснащен водоохлаждаемыми полками и снаружи интенсивно охлаждается водой. Внутри холодильника распложены полки, которые перемешивают материал и поднимают его на определенную высоту. Разгрузочное отверстие холодильника, через которое выгружается охлажденный материал, должно быть тщательно герметизировано, так как засасываемый в холодильник воздух попадает в печь и вызывает дополнительный угар материала.

Привод прокалочной печи осуществляется через редуктор, выходной вал которого через шарнирную передачу связан с подвенцовой шестерней.

Современные печи оснащены многоскоростными двигателями, которые позволяют регулировать число оборотов печи. Кроме того, иногда устанавливается дополнительный редуктор с маломощным двигателем постоянного тока, предназначенный для периодического вращения печи при прекращении электроснабжения. Эта операция необходима во избежание перегрева корпуса и деформации печи под действием горячего кокса, находящегося в печи. На коротких печах и холодильниках привод представляет собой редуктор с одноступенчатым двигателем.

Футеровка печи. Чрезвычайно важное влияние на режим работы печи и качество прокаливаемого материала оказывает футеровка печи. Она предохраняет корпус печи от воздействия высоких температур и снижает тепловые потери в окружающее пространство. В процессе работы футеровка нагревается до температур, превышающих температуру прокаливаемых материалов. За один оборот печи прокаливаемый материал соприкасается со всей ее поверхностью и нагревается за счет теплопроводности и излучения, что ускоряет нагрев материала. Тепловые потери печи в окружающее пространство зависят от теплопроводности и толщины применяемого огнеупора. Для снижения этих потерь применяют прокладки из различных материалов, которые укладывают между корпусом печи и футеровкой.

К футеровке предъявляются следующие требования: огнеупорность, термостойкость, механическая прочность, высокое сопротивление истиранию и химическая стойкость по отношению к прокаливаемому материалу, теплопроводность и малый коэффициент термического расширения.

Огнеупорность в зоне прокалики является важнейшим свойством футеровки. В качестве огнеупорных материалов для футеровки вращающихся печей используют шамотный уплотненный (ШЦУ) и хромитопериклазовый (ХПЦ) кирпич по ГОСТ 21436—75 и высокоглиноземистый (МЛО, МЛС, МЛУ) кирпич по ГОСТ 24704-81. Эти материалы в значительной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к футеровке. Используются также импортные огнеупоры, технические характеристики которых близки к отечественным.

Шамот относится к алюмосиликатным огнеупорам, содержание Al_2O_3 в нем находится в пределах 28—46 %.

Уплотненные шамотные изделия изготавливают из шихты, содержащей 80—96 % шамота и 4—20 % связывающей огнеупорной глины. Высокоглиноземистыми называются изделия, содержащие более 45 % Al_2O_3 . Хромитопериклазовые (хромомagneзитовые) изделия изготавливают из приблизительно равных количеств хромитовой руды и металлургического магнезита; их примерный химический состав (%): SiO_2 — 5,5; Al_2O_3 - 5,4; Fe_2O_3 - 17,2; CaO - 0,63; MgO - 50,34; Cr_2O_3 - 21,08.

Для футеровки печей и передней части холодильников применяются кирпичи в виде двухстороннего торцевого клина, приведенного на рисунке 4.2.2

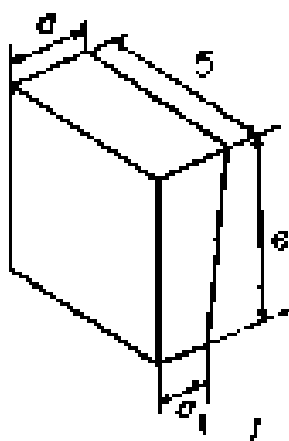


Рисунок 4.2.2 – Кирпич в виде двухстороннего торцевого клина

Футеровать печь можно полностью, но чаще всего футеровку ведут участками длиной по 3—6 м (захватками). Шамотную футеровку выполняют на растворе, что повышает ее стойкость по сравнению с сухой укладкой кирпичей. Если кладка ведется захватками, удобнее два крайних ряда выполнять в виде колец, а середину укладывать с перевязкой рядов, так как в этом случае проще демонтировать вышедшую из строя захватку.

Кладку можно укладывать на металлический корпус печи, но, как правило, ее ведут по подушке из высокоглиноземистого цемента толщиной 10—20 мм, а в зоне прокалики — по асбестовому картону толщиной 5—6 мм.

Кирпичи нижним, более широким основанием должны плотно прилегать к корпусу печи или к прокладке (цементной или асбестовой). Продольные швы между рядами должны иметь строго радиальное направление, а поперечные швы должны быть перпендикулярны оси печи. Нарушение этого правила может привести к выпадению кирпичей из кладки в процессе ее эксплуатации.

По мере готовности отдельных сегментов кладки печь поворачивают не более чем на четверть окружности. Перед каждым поворотом печи выложенную часть футеровки закрепляют винтовыми домкратами или шпильками, приваренными к барабану печи.

Установка распорок из винтовых домкратов затрудняет ведение футеровочных работ. Поэтому на некоторых заводах (БрАЗ и др.) в корпусе печи выполнены отверстия, через которые осуществляется крепление кладки, что значительно упрощает и ускоряет кладку футеровки. После окончания работ отверстия закрываются специальными заглушками.

4.3 Режим работы прокалочной печи

Следует отметить, что свойства прокаливаемых материалов и особенно содержание летучих веществ в них оказывают влияние на режим работы печи.

Для каждого типа печей подбирают оптимальную величину заполнения барабана, чтобы кокс при движении в зоне прокалики максимально подвергался облучению от горящего факела и контактировал с раскаленными газами.

При заполнении барабана выше оптимального ухудшаются условия теплообмена кокса с топочными газами, и часть материала в середине потока не соприкасается ни с футеровкой печи, ни с раскаленными газами, т.е. не нагревается ни излучением, ни конвекцией. В этом случае физико-химические процессы в коксе не успевают закончиться. При заниженном коэффициенте заполнения тепловая энергия топочных газов будет использоваться недостаточно полно.

В заводской практике для характеристики температурного режима работы вращающейся печи принято условно делить ее длину на следующие зоны (начиная с холодного конца печи): 1) зона подсушки и нагрева; 2) зона прокалики; 3) зона охлаждения.

С учетом прохождения материала в печи всю ее длину можно разделить на три зоны, схематично представленные на рисунке 4.3.1

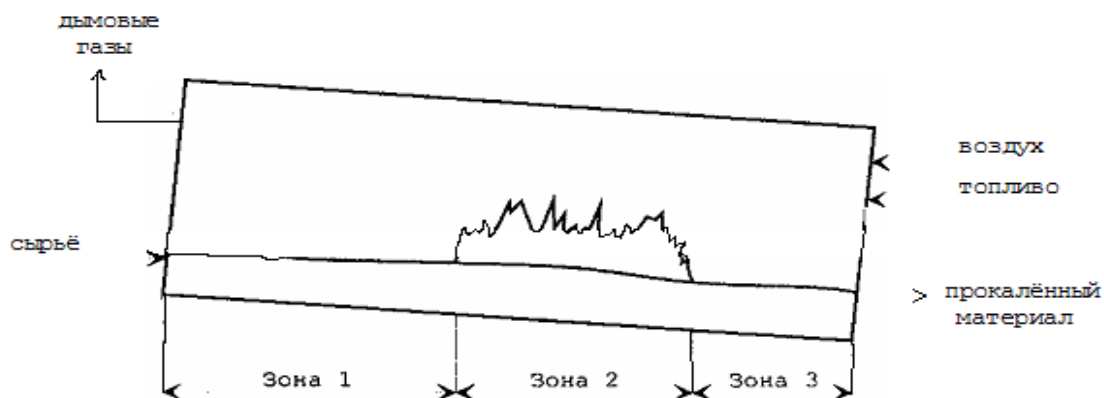


Рисунок 4.3.1 – Зоны прохождения материала в печи

Первая — зона подсушки и нагрева материала отходящими газами — самая длинная зона, и только в ней можно использовать тепло отходящих газов. В начале этой зоны — со стороны горячей головки — температура достигает 1100°C , а в конце — около 500°C . Чем короче печь, тем выше температура газов, покидающих ее. Кокс, поступающий в холодный конец печи, содержит от 3 до 15 % влаги и от 1 до 10 % летучих веществ. В результате непрерывного перемешивания и контакта с отходящими газами, нагретыми до $400\text{--}500^{\circ}\text{C}$, влага и летучие вещества интенсивно удаляются. По мере продвижения кокса в зону более высоких температур газовыделение становится более интенсивным. На расстоянии 10-15 м от холодного конца печи летучие загораются; температура кокса в районе конца факела форсунки повышается до 1200°C . Здесь условно кончается зона подсушки и подогрева и начинается зона прокалики. Длина зоны подсушки и подогрева 25-30 м.

Вторая — зона прокаливания, в которой температура газового потока достигает максимального значения ($1300\text{--}1400^{\circ}\text{C}$), а материал прогревается до $1200\text{--}1300^{\circ}\text{C}$. Длина этой зоны зависит от длины факела и обычно составляет

5—6 м. Но при прокаливании материала с большим содержанием летучих она может возрасти до 12—15 м. Газовыделение и горение летучих в этой зоне практически прекращается, в коксе заканчиваются все основные физико-химические превращения, раскаленный кокс приобретает ослепительно белый цвет. Особенно четко эта зона просматривается при прокалке пекового кокса с минимальным содержанием летучих.

Третья — зона охлаждения материала, которая расположена перед факелом горящего топлива. Это самая короткая зона, длина которой обычно составляет 2—3 м. Однако в зависимости от состояния зоны прокаливания она может сокращаться до 1 м и увеличиваться до 5—6 м, что в обоих случаях недопустимо. Зона охлаждения находится между факелом и горячим концом печи. Из-за отсутствия подогрева и в результате подсосов воздуха из холодильника температура здесь снижается до 1100-1000°C. Цвет кокса в этой зоне становится более темным, с вишневым оттенком.

Наиболее ответственной является зона прокаливания, от длины и расположения которой зависят качество прокаливания и потери материала от угара. При удалении зоны от горячей головки печи и увеличении ее длины возрастает угар материала за счет окисления воздухом, предназначенным для сжигания летучих веществ. Из-за этого может образоваться нехватка кислорода, и летучие вещества могут сгорать в конце печи или за ее пределами, резко повышая температуру отходящих газов. Удлинение зоны прокаливания является положительным фактором, так как создаются условия для более полной прокалики материала, в результате чего может быть увеличена производительность печи.

Технологический режим работы печи характеризуется также объемом загрузки печи, скоростью движения материала, температурой и разрежением в печи. Загрузка печи зависит от ее диаметра и составляет 6—15 % от ее объема; чем больше диаметр печи, тем меньше должен быть коэффициент ее заполнения. При увеличении коэффициента заполнения ухудшаются условия прокаливания из-за ухудшения теплоотдачи футеровки и затруднений передвижения материала. Но при уменьшении заполнения печи снижается ее производительность. Для стабилизации загрузки, которая зависит от качества прокаливаемого материала, весьма желательно оборудовать печь дозаторами хотя бы объемного действия. Чтобы обеспечить нормальную работу дозаторов и снизить угар материала в печи, следует поддерживать стабильную крупность материала, не допуская высокого содержания мелочи и увеличения размера кусков больше 50—70-мм.

Скорость движения материала зависит от геометрических размеров печи и угла ее наклона и может регулироваться изменением числа оборотов, если конструкция привода печи позволяет это.

Для оптимизации технологического режима печи необходимо предусматривать возможность гибкого изменения разрежения в печи в пределах 1—20 Па. При нормальных условиях работы печи разрежение в холодной головке обычно не превышает 2—5 Па, что минимизирует унос материала из

печи. Изменением разрежения можно оказывать влияние на размеры и местоположение зоны прокаливания; при снижении разрежения зона перемещается в сторону передней головки и, наоборот, с увеличением тяги — удаляется от нее.

Кокс по всей длине барабана печи распределяется ровным слоем; в поперечном сечении он имеет форму сегмента. Движение материала в печи происходит за счет наклона барабана в горизонтальной плоскости. Скорость движения материала и производительность печи прямо пропорциональны ее диаметру, числу оборотов и углу наклона. Нагрев кокса осуществляется по принципу противотока, т.е. кокс и нагретые газы движутся навстречу друг другу.

Время пребывания материала в печи должно быть достаточным для удаления влаги, летучих и окончания физико-химических превращений в прокаливаемом коксе. Оно зависит от таких факторов, как диаметр и длина печи, число оборотов барабана, угол наклона барабана и коэффициент трения материала о футеровку. Причем диаметр, длина и угол наклона, всегда постоянны. Незначительно в процессе эксплуатации изменяются число оборотов барабана и коэффициент трения материала. При постоянстве основных параметров процесса прокалики время пребывания кокса в печи изменяется незначительно.

Другим фактором, существенно влияющим на производительность, является коэффициент заполнения печи. Коэффициентом заполнения называется отношение площади поперечного сечения потока материала ко всей площади сечения барабана печи. Для печей с диаметром барабана 3,0м коэффициент заполнения составляет 6-8%. Изменяя загрузку барабана коксом, можно производительность печи регулировать в широких пределах. Однако в заводских условиях производительность печи стремятся поддерживать постоянной.

Нагрев кокса осуществляется в основном лучистой энергией горящего факела, а также при непосредственном контакте раскаленных топочных газов с коксом (т.е. конвекцией). Имеет место также лучистый теплообмен между материалом и разогретой футеровкой печи. Значительное количество тепла выделяется за счет горения летучих и самого прокаливаемого материала.

Полное сгорание топлива достигается при достаточном количестве кислорода воздуха, хорошем перемешивании с воздухом и достаточном объеме топочного пространства при температуре не ниже 1000°C. Углерод топлива, соединяясь с кислородом, образует углекислый газ CO_2 , а водород - водяные пары H_2O . Необходимое количество воздуха для полного сгорания 1кг мазута Юм^3 .

Вращающиеся печи работают на газообразном или жидком топливе. В качестве жидкого топлива используется мазут (ГОСТ 10585-75).

Для каждого типа печей подбирают оптимальную величину заполнения барабана, чтобы кокс при движении в зоне прокалики максимально подвергался облучению от горящего факела и контактировал с раскаленными газами. При заполнении барабана выше оптимального ухудшаются условия теплообмена кокса с топочными газами, и часть материала в середине потока не соприкасается ни с футеровкой печи, ни с раскаленными газами, т.е. не

нагревается ни излучением, ни конвекцией. В этом случае физико-химические процессы в коксе не успевают закончиться. При заниженном коэффициенте заполнения тепловая энергия топочных газов будет использоваться недостаточно полно.

Для более надежного управления процессом прокаливания число регулируемых параметров сводится к минимуму. Загрузку печи и число оборотов барабана стремятся поддерживать постоянными и в качестве регулирующих параметров не использовать, так как колебания загрузки вредно отражаются как на качестве прокаленного кокса, так и на стойкости футеровки. Регулирование процесса прокалики сводится к поддержанию заданной температуры, оптимальной длины зоны прокалики и ее положения в печи путем изменения количества топлива, кислорода воздуха и разрежения в печи. При изменении одного из регулируемых параметров необходимо принять меры к соответствующим изменениям и других параметров.

Важную роль в контроле процесса прокалики имеет также визуальное наблюдение. Если, например, цвет пламени факела яркий, соломенно-желтый, а из трубы идет серый дымок (при отсутствии камеры для сжигания летучих и котла-утилизатора), то это значит, что имеется избыток кислорода воздуха, топливо сгорает полностью, а возможно загорелись и летучие вещества в холодном конце печи или в газоходе. Если цвет пламени факела темно-красный с дымными полосами, а из трубы идет черный дым, то происходит неполное сгорание топлива из-за недостатка кислорода, и частицы углерода в виде сажи придают пламени красноватый оттенок с дымными полосами. Короткое пламя факела мазутной горелки указывает на недостаточное количество и давление пара, подаваемого на распыливание мазута.

Если визуальное наблюдение показало, что температура в зоне охлаждения повысилась и почти не отличается от температуры в зоне прокалики, значит, зона прокалики из-за низкого разрежения переместилась в сторону горячего конца печи. Красноватый оттенок факела с дымными полосами и серый, а не черный дым из трубы указывают на избыток вторичного воздуха, поступающего в печь через открытую дверь или через имеющиеся не плотности в горячей головке. Проходя над раскаленным коксом, вторичный воздух смешивается с несгоревшим топливом и летучими, и эта смесь сгорает в зоне подсушки и в газоходе.

Качество прокаленного кокса определяется анализами проб, отбираемых после холодильника. Прокаленный кокс контролируют на процентное содержание серы, золы, летучих и влаги, истинную плотность (г/см^3) и удельное электросопротивление (ОмПм).

Эти показатели зависят от следующих факторов:

- 1) положения и длины зоны прокалики;
- 2) распределения температур по длине зоны прокалики и в зоне подсушки;
- 3) времени нахождения материала в зоне прокалики.

Перед пуском печи проверяют состояние футеровки, газоходов и труб, крепление венцовых шестерен печи и холодильника, исправность привода, топливопровода и контрольно-измерительных приборов.

Пуск печи осуществляют в следующей последовательности. На расстоянии 3-4м от горячей головки укладывают штабелем дрова, разжигают их, включают дымосос и устанавливают разрежение в задней головке печи 20-30Па. В мазутонасосной станции температуру мазута доводят до 80°C. После того как дрова разгорятся, в форсунке подают пар или воздух и медленно начинают открывать мазутный вентиль. После воспламенения мазута, изменяя подачу его или воздуха, горение регулируют так, чтобы факел был коротким и чистым. Подачу мазута устанавливают на минимальную. Если форсунка дымит, надо увеличить давление пара или воздуха перед форсункой; если дымление не прекращается, необходимо проверить центровку шпинделя по отношению к корпусу и размер паровой щели.

Продолжительность сушки и разогрева футеровки печи зависит, прежде всего, от вида ремонта футеровки и температуры наружного воздуха (если печь находится вне помещения). При местном ремонте, а также при кладке кирпича насухо в теплое время года продолжительность нагрева до рабочей температуры может составлять всего 12-18 ч. При ремонте футеровки на растворе в холодное время года продолжительность сушки и нагрева футеровки увеличивается до 48-54 ч.

Скорость подъема температуры нагрева футеровки печи в любом случае не должна превышать 100°C/ч. Во избежание прогиба барабана и для обеспечения равномерного прогрева всей кладки печь поворачивают через каждые 2 ч на 1 /3 оборота. По мере подъема температуры печь переводят на малые обороты, а при прогреве футеровки в зоне прокалики до рабочей температуры - на основной привод, после чего включают питатель кокса. В течение 3-4 ч после начала подачи кокса температурный, и газовый режим доводят до рабочего состояния.

Теплообмен в печи. Теплообмен во вращающейся печи при прокаливании углеродистых материалов весьма сложен, так как на него влияет множество факторов, таких как процессы горения топлива, химические реакции, горение летучих веществ, вращение печи и др.

Вращающиеся печи работают по принципу открытого нагрева, при котором тепловое излучение факела и движущиеся газы непосредственно соприкасаются с поверхностью прокаливаемых материалов. Излучающая поверхность и длина горящего факела, располагаясь вдоль оси печи, определяют зону прокаливания. Тепловой режим футеровки печи нестационарен, так как в течение одного оборота футеровка сначала нагревается от факела печи, а затем при соприкосновении с материалом отдает ему тепло. Поэтому средняя температура футеровки ниже средней температуры газа и выше средней температуры прокаливаемого материала. Газовый поток отдает тепло лучеиспусканием и конвекцией открытым поверхностям материала и футеровки, а также газам, выделившимся при прокаливании материала. В свою очередь, футеровка отдает полученное тепло открытой поверхности материала лучеиспусканием и закрытой — теплопроводностью; кроме того, она отдает тепло лучеиспусканием и конвекцией в окружающую среду.

Таким образом, в печи имеют место три способа передачи тепла: теплопроводностью, конвекцией и лучеиспусканием. Передача тепла

теплопроводностью зависит от температуры, содержания летучих веществ, влажности, пористости и других свойств нагреваемого материала. Конвективный теплообмен определяется главным образом температурой и скоростью движения теплоносителя. В зоне высоких температур основным видом передачи тепла является излучение, интенсивность которого определяется в основном температурой факела и футеровки.

В рабочем пространстве печи происходит как внешний, так и внутренний теплообмен. Внешний теплообмен характеризует передачу тепла от газовой среды и внутренних поверхностей печи к поверхности прокаливаемого материала; внутренний же теплообмен — это процесс передачи тепла от поверхности материала к его внутренним слоям за счет теплопроводности. Благодаря вращению печи слои материала непрерывно пересыпаются. Наиболее интенсивно нагревается материал на поверхности слоя, менее интенсивно — материал, находящийся на футеровке печи. Нагрев же материала внутри слоя наименее интенсивен, так как теплообмена почти не происходит из-за малой теплопередачи между кусочками материала. Однако благодаря непрерывному пересыпанию материала его температура выравнивается по толщине слоя.

Теплообмен в прокалочной печи зависит от степени заполнения материалом, скорости вращения, диаметра и угла ее наклона. Интенсивность внутреннего теплообмена тесно связана с условиями внешнего теплообмена внутри печи. Для достижения максимального теплового эффекта при прокаливании материала в печи необходимы определенная длина, форма и температура факела в зоне прокаливания. Факел должен быть длинным и широким, а не острым.

4.4 Анализ проблем в существующей технологической схеме производства анодной массы

Годовые материальные балансы по нефтяному коксу каменноугольному пеку и анодной массе с 2012 до 2018 года приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Материальный баланс производства анодной массы

Наименование	Годы						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7	8
Выпуск алюминия сырца, тыс тонн	906	920,3	937,9	959,2	981,2	994,1	1014,6
Расход анодной массы на тонну алюминия, кг/т	521,0	520,8	517,0	517,0	515,9	515,9	514,5
Потребность в анодной массе, тыс. тонн	472,1	479,3	484,9	495,9	506,2	512,9	522,0

Удельный расход прокаленного кокса на тонну анодной массы, кг/т	709	709	709	710	719	719	726
Потребность в прокаленном коксе, т/год	334,7	339,8	343,8	352,1	364,0	368,7	380,0
Удельный расход пека на тонну анодной массы, кг/т	297,1	297,1	297,1	297,1	288,2	280,5	280,5
Потребность в пеке, т/год	140,3	142,4	141,1	147,3	145,8	143,8	146,4
Выход годного при прокаливании сырого кокса, %	80	80	80	80	80	80	80
Требуемая производительность прокалочных печей:	42,45	43,1	43,6	44,7	46,2	46,25	46,64
Производительность прокалочных печей, (паспортная) т/час	43,72	43,72	43,72	43,72	43,72	43,72	43,72
Коэффициент использования одной прокалочной печи (паспортная).	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Требуемая производительность смесителей: т/час	53,9	54,7	55,4	56,6	57,8	58,6	59,6
Производительность смесителей: т/час	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0
Коэффициент использования смесителей (паспортная).	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Мощность ЦАМ, тыс. т/год							
по выпуску анодной массы	522,1	522,1	522,1	522,1	522,1	522,1	522,1
по прокаленному коксу	352,4	352,4	352,4	352,4	352,4	352,4	352,4
Свободные мощности, тыс. т/год							
по выпуску анодной массы	56,06	56,06	56,06	56,06	56,06	56,06	56,06
по прокаленному коксу	17,7	12,6	8,6	0,3	-11,6	-16,3	-27,6

Как можно видеть из таблицы 4.2 с учетом прогнозируемой потребности в анодной массе, существует дефицит производства по прокаленному коксу в 2016; 2017; 2018; годах в размере 11,6; 16,3 и 27,6; тыс. т/год, соответственно. Вдобавок, анодное производство закрывает потребность в анодной массе с избытком, с учетом соответствия уровней производства и потребления прогнозируемым. Следовательно, наблюдается дефицит анодной массы, что сделает невозможным наращивание объемов производства первичного алюминия. и существует острая потребность в модернизации прокалочного отделения ЦАМ.

В существующей технологической схеме и используемом оборудовании анодного производства наблюдаются следующие недостатки:

1. В текущей конфигурации анодное производство не имеет достаточной мощности для обеспечения потребности завода в анодной массе с учетом роста производства первичного алюминия.

2. Некоторые участки технологической схемы передела нефтяного кокса по своей производительности не позволяют поднять объемы выпуска анодной массы без снижения ее качества. К ним относится недостаточное охлаждение прокаленного кокса в холодильниках. Существующая конструкция холодильников не обеспечивает требуемую температуру кокса при увеличенной производительности прокалочной печи.

3. Система подачи сырого кокса к прокалочной печи не обеспечивает бесперебойную ее работу, так как она включает в себя большое количество устаревшего оборудования. В бункерах наблюдается зависание материала (кокса) вследствие его налипания или смерзания на стенки бункера.

4. Прокалочные печи не обеспечивают требуемую производительность вследствие недостаточного перемешивания кокса в печи и небольшим сроком службы ее футеровки.

5. Оформление узлов сочленения вращающегося барабана с «горячей» головкой не обеспечивает требуемую герметизацию, вследствие чего возникают подсосы воздуха и увеличивается угар кокса.

6. Существующая система аспирации газов от печей прокаливания кокса не предусматривает их очистку от сернистого ангидрида, годовой выброс которого составляет порядка 40 % от суммарных выбросов завода по данному ингредиенту.

Основные изменения существующей системы при проведении модернизации анодного производства коснутся, в первую очередь, участка прокаливания нефтяного кокса. Изменения в прокалке направлены на увеличение производительности прокалочных печей, и достижения большей стабильности качественных характеристик прокаленного кокса.

Для решения данной проблемы необходимо комплексно подходить к реконструкции ЦАМа, по возможности заменить устаревшее и отработавшее свой срок технологическое оборудование на более новое и производительное, либо модернизировать уже имеющееся оборудование чтобы оно отвечало требованиям по производительности и качеству выпускаемой продукции.

Для увеличения выпуска и улучшения качества прокаленного кокса предлагается реализация ряда технических и технологических решений по повышению эффективности охлаждения увеличенной массы прокаленного кокса (температура не более +95 °С), по результатам которых достигается показатели в соответствии с таблицей – 4.3.

Таблица 4.3 – Техничко-экономические показатели до и после модернизации прокалочных печей

Показатель	Показатели		Изменен и параметр а
	сегодняшнее положение	после выполнения проекта	
Производительность печи, т/час	10,93 т/час	13,1 т/час	+ 2,17
КПИ оборудования	0,92	0,889	-0,031

4.5 Повышение эффективности системы охлаждения прокаленного кокса.

На ОАО «Русал-Красноярск» внедрена АСУТП, проекта «Вторичный воздух», которая позволила оптимизировать технологию прокаливания кокса, уменьшить выбросы в окружающую среду и обеспечивает следующие преимущества:

- уменьшение удельного расхода мазута;
- уменьшение угара кокса;
- увеличение производительности печей;
- улучшение качества прокаленного кокса;
- улучшение условий труда;
- снижение трудозатрат.

Существующая система охлаждения не способна охладить увеличенный объем прокаленного кокса до требуемой температуры, а следовательно прокалочные печи не могут работать на полную мощность.

Для повышения эффективности работы системы охлаждения прокалённого кокса предлагается реализовать следующие мероприятия:

1. увеличить зону охлаждения барабана на холодильниках № 1-4, секции барабана холодильника, находящиеся между его второй опорой и венцовой шестерней в соответствии с рисунком 4.5.1;

2. организовать дополнительную подачу (впрыск) охлаждающей воды в поток прокаленного кокса в верхней части перегрузочного узла двумя-тремя форсунками (рисунок 4.5.2) с дополнительной установкой фильтра для очистки поступающей на них оборотной воды, повышающего насоса, расходомеров воды на впрыск и возможностью регулирования расходов;

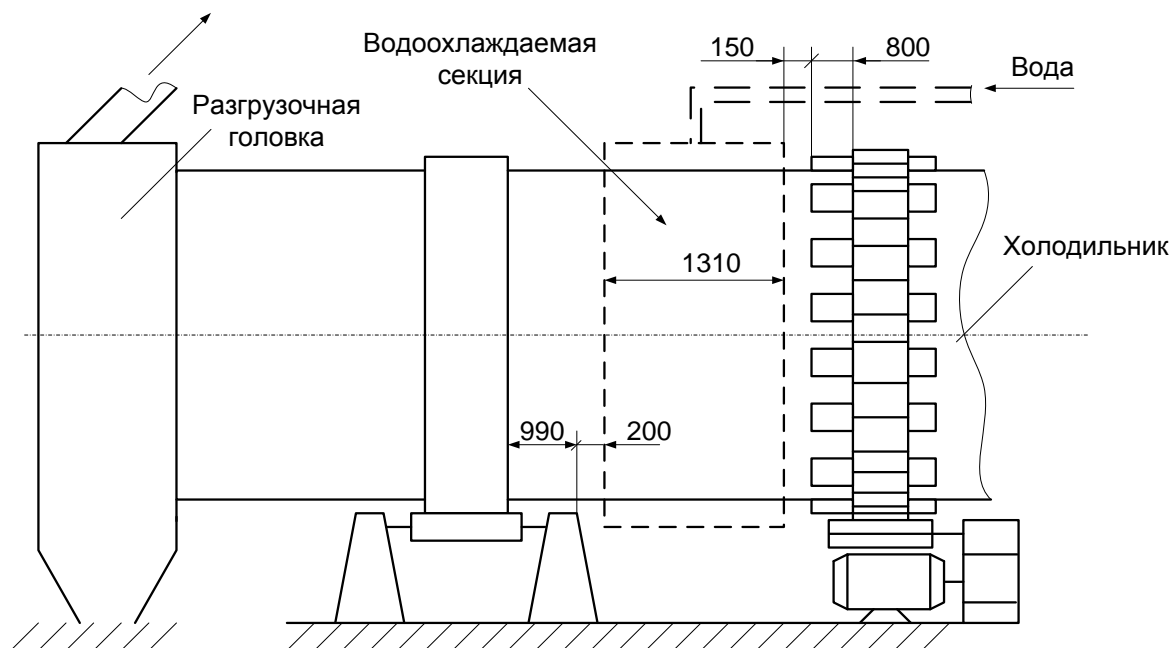


Рисунок 4.5.1 – Схема расположения дополнительной водоохлаждающей секции на холодильнике

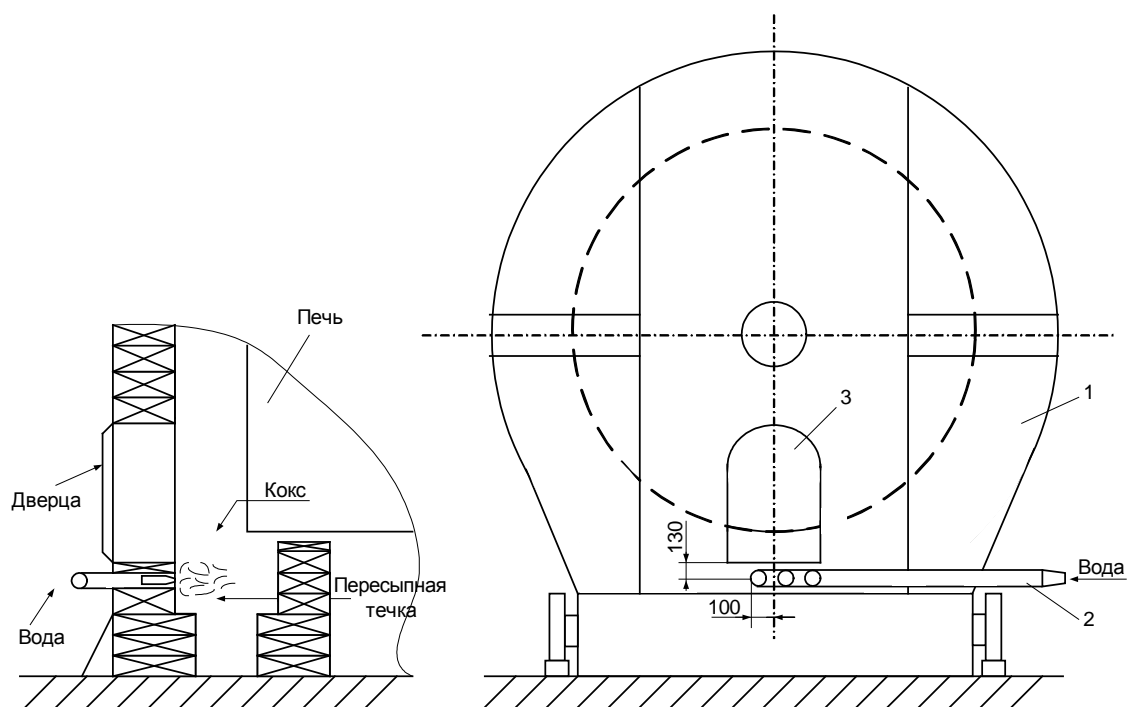
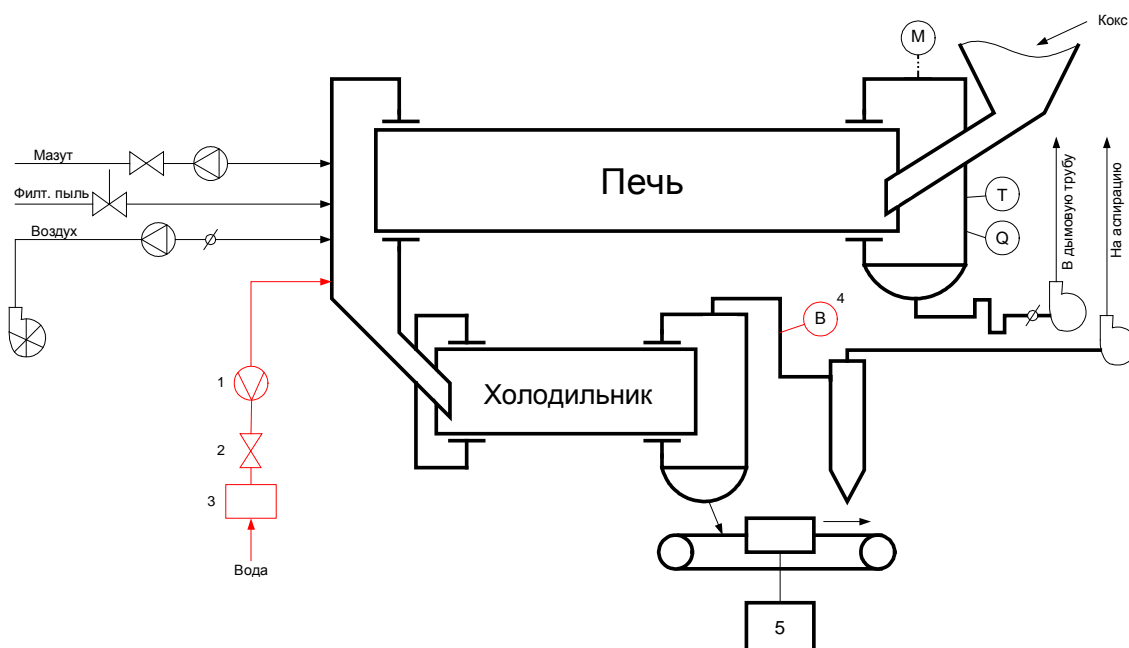


Рисунок 4.5.2 – Схема установки распылительного устройства (2) в горячей головке прокалочной печи



1- расходомер воды; 2- регулирующий кран; 3 – механический фильтр; 4 – влагомер газа.

Рисунок 4.5.3 – Схема установки дополнительного оборудования на прокалочной печи

Большое значение для обеспечения заданных условий работы прокалочной печи имеет конструктивное оформление узлов сочленения вращающегося барабана с «горячей» головкой холодильника. Конструкция сочленения должна быть максимально уплотнена, чтобы подсосы воздуха были минимальны. При повышенных подсосах воздуха наблюдается повышенный угар кокса, так как нарушается соотношение длин зон в печи и вместо выделяющихся летучих сгорает прокаленный кокс в зоне охлаждения материала.

Для предотвращения окисления прокаленного кокса предусматривается реализация следующих мероприятий:

1. установить на горячей головке холодильника систему уплотнения. Уплотнение горячей головки предлагается выполнить из графитовых сегментов, скользящих по поверхности барабана холодильника, по аналогии с существующими уплотнениями горячей и холодной головками печи в соответствии с рисунком 4.5.4;
2. установить регулятор перепада разрежения между печью и холодильником в соответствии с рисунком 4.5.5;
3. провести работы по оптимизации аспирационной системы (установка и ревизия запорной арматуры, установка необходимых исполнительных механизмов и заслонок, чистка аспирационной системы и т.п.).

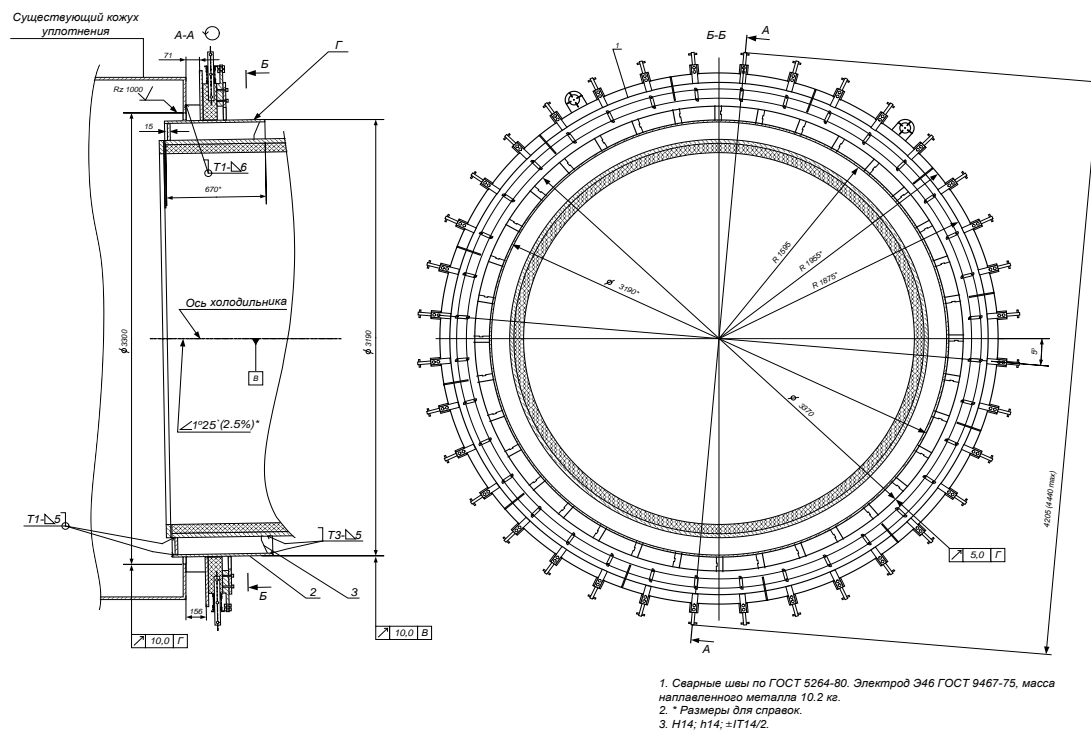


Рисунок 4.5.4 – Уплотнение горячей головки холодильника

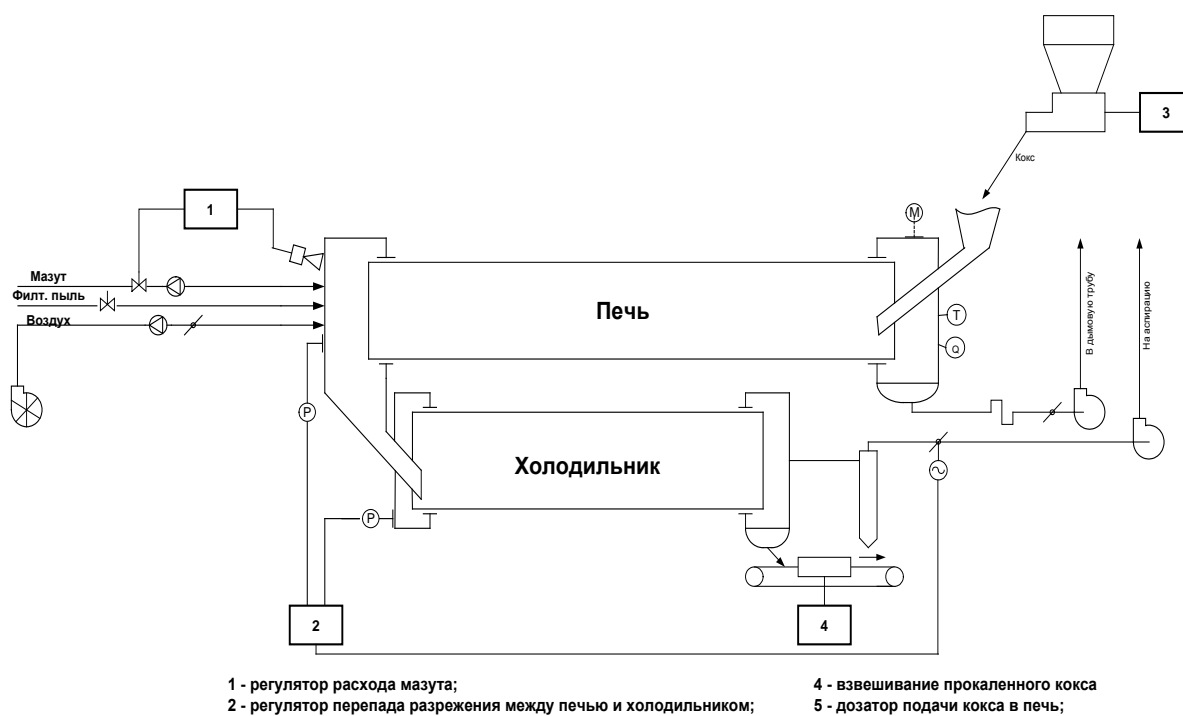


Рисунок 4.5.5 – Фрагмент схемы автоматизации технологического процесса проковки

5 Расчет аспирационно-технологической установки

Основным недостатком прокалочной печи является относительно высокий вынос пыли (до 20-25%) при переработке порошкообразных материалов из-за высокой скорости газового потока внутри барабана печи.

Поэтому, в условиях производства анодной массы, на участке среднего размола все источники вредных выделений пыли, вредных газов, паров во всех технологических процессах должны иметь местные отсосы аспирационных установок.

Аспирационно-техническая установка (АТУ) состоит из двух частей: первая (местный отсос) – устройство для предотвращения поступления в воздух цеха вредных технологических выделений пыли, газов и паров; вторая – комплекс устройств для извлечения аспирационного воздуха из местного отсоса, перемещения этого воздуха, его обработки и выброса в атмосферу.

Улучшение санитарного состояния воздуха в цехах отрасли невозможно при неэффективной аспирации и наличии не имеющих местных отсосов технологических источников выделений пыли, вредных газов и паров. Таким образом, создание нормальных условий воздушной среды на заводе ОАО “РУСАЛ-Красноярск” — это прежде всего создание эффективной технологической аспирации, охватывающей все источники вредных выделений. Этим определяется место и значение аспирации как одного из инженерных методов промышленной вентиляции.

Расчет произведен для оптимизации аспирационной системы, что способствует повышению эффективности системы охлаждения, а также, местного отсоса вредных выделений пыли при переработке порошкообразных материалов в прокалочной печи.

Определим диаметр трубопровода и параметры вентилятора, необходимые расход воздуха и давление у загрузочного устройства печи для следующих исходных данных: крупность анодной массы 60 – 100 мм; количество материала $G = 200$ т/ч; площадь поперечного сечения желоба $F = 0,8$ м²; $\rho_m = 1,7$ кг/м³; угол наклона между стальным днищем желоба и горизонталью 60°; материал поступает в желоб с начальной скоростью 2 м/с, направленной горизонтально; вертикальная высота пересыпки 1,8м; форма кусков средней крупности от 60-100мм, объемная масса материала 1500 кг/м³. Местный отсос от верхней части течки отсутствует, укрытие этой части имеет открытые рабочие проемы и неплотности 0,9 м². Длина канала движения воздуха 2,5м. Назначаем $\mu = 75$ (коэффициент концентрации вещества). Принимаем режим транспортирования при средней скорости движения аэросмеси $v_{cp} \approx 22$ м/с.

Определим количество расходуемого воздуха, м³/ч:

$$Q = 3,165 \cdot k_H \cdot \delta \cdot k_G \cdot k_{V_0} \cdot k_F \cdot k_{\Sigma \xi} \cdot k_C \cdot k_d \cdot k_\gamma \quad (5.1)$$

Определим конечную скорость потока движения материала, м/с, на выходе из желоба при $H = 1,8$ м, $\alpha = 60^\circ$, $f_{тр} = 0,78$:

$$v_K = 4,43\sqrt{H(1 - \operatorname{ctg} \alpha^\circ \cdot f_{TP})} \quad (5.2)$$

$$v_K = 4,43\sqrt{1,8(1 - \operatorname{ctg} 60^\circ \cdot 0,78)} = 4,4 \text{ м/с}$$

Определяем, для $v_K = 4,4 \text{ м/с}$, величину $k_H = 0,44$.

Для $G = 200 \text{ т/ч}$ определяем $k_G = 0,16$

Определяем поправку δ к коэффициенту k_G :

$$\delta = 0,185\sqrt{\sqrt{G/F}} \quad (5.3)$$

$$\delta = 0,185\sqrt{\sqrt{200/0,8}} = 0,74$$

Поскольку $v_o = 2 \text{ м/с} < 5 \text{ м/с}$, принимаем $k_{v_o} = 1,0$

Для $F = 0,8 \text{ м}^2$ определяем $k_F = 1,0$.

Определим сумму коэффициентов местных сопротивлений:
 к.м.с. входа воздуха в течку: $\xi_1 = 2,4(F/F_{нв})^2 = 2,4(0,8/0,9)^2 = 1,9$;
 к.м.с. в следствии трения о стенки канала: $\xi_2 = 0,15(l/\sqrt{F}) = 0,15(2,5/\sqrt{0,8}) = 0,42$;
 к.м.с. входа в укрытые места разгрузки желоба: $\xi_3 = 1,0$.

Сумма к.м.с. $\sum \xi = 3,32$, отсюда определим $k_{\sum \xi} = 0,84$

Для материала пластинчато-продолговатой формы

$$c = (2,38 + 1,47)/2 = 1,92, \text{ отсюда } k_c = 1,0$$

Поскольку известны только крайние значения крупности материала (40 и 100 мм), то принимаем $d_{cp} = 70 \text{ мм}$, отсюда для $d_{cp} = 70 \text{ мм}$ $k_d = 1$

Для $\gamma_m = 1500 \text{ кг/м}^3$ $k_\gamma = 1,069$.

Определим количество эжектируемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$Q = 3,165 \cdot k_H \cdot \delta \cdot k_G \cdot k_{v_o} \cdot k_F \cdot k_{\sum \xi} \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_\gamma \quad (5.4)$$

$$Q = 3,165 \cdot 0,44 \cdot 0,74 \cdot 1,28 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1,069 = 1,18 \text{ м}^3/\text{с} = 4260 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определим диаметр трубопровода, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{cp}}} \text{ м} \quad (5.5)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,18}{3,14 \cdot 22}} = 0,26$$

Определим полное давление вентилятора, Па:

$$P = P_\Gamma + P_\Delta + P_\Pi \quad (5.6)$$

где P_Γ – гидростатическая составляющая полного давления привода, величина P_Γ для большого количества вентиляционных сетей настолько мала, что ее не учитывают, Па;

P_D – динамическое или избыточное давление, Па;

P_{II} – полные потери давления вентилятора в трубопроводной сети, Па.

$$P_{II} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{v_{cp}^2}{2} \rho_m \quad (5.7)$$

где v_{cp} – средняя скорость аэросмеси ($v_{cp} = 22$ м/с);

ρ_m – плотность аэросмеси ($\rho_m = 1,7$ кг/м³);

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

$$\sum \xi = \xi_{OT} + 7 \cdot \xi_K + \xi_{BX.Ц} + \xi_{ВЫХ.Ц} + \xi_{BX.B} + \xi_{ВЫХ.B} \quad (5.8)$$

ξ_{OT} – коэффициент местного сопротивления (к.м.с.) отсоса 1,3;

ξ_K – к.м.с. колена 0,9;

$\xi_{BX.Ц}$ – к.м.с. входа в циклон 0,15;

$\xi_{ВЫХ.Ц}$ – к.м.с. выхода из циклона 0,2;

$\xi_{BX.B}$ – к.м.с. входа в вентилятор 0,1;

$\xi_{ВЫХ.B}$ – к.м.с. выхода из вентилятора 0,2

$$\sum \xi = 1,3 + 7 \cdot 0,9 + 0,15 + 0,2 + 0,1 + 0,2 = 8,25$$

$$P_{II} = \left(0,02 \frac{25}{0,26} + 8,25 \right) \frac{22^2}{2} 1,7 = 3100 \text{ Па}$$

$$P_D = \frac{v_{cp}^2}{2} \rho \text{ Па} \quad (5.9)$$

$$P_D = \frac{22^2}{2} 1,7 = 611,4 \text{ Па}$$

$$P = 0 + 611,4 + 3100 = 3711,4 \text{ Па}$$

Выбор вентилятора осуществляют путём нанесения на сводный график вентиляционных полей точки (p_v – Q). Выбираю вентилятор марки:

В-ЦП5-016. С параметрами: $\eta_{max}=0,72$, $Q=6$ м³/с, $p=3550$ Па.

Аэродинамическую характеристику сети p , (Па) определяем по формуле:

$$P = R_C \cdot Q^2 \text{ Па} \quad (5.10)$$

R_C – обобщенный коэффициент аэродинамического сопротивления сети:

$$R = \frac{P}{Q^2} \text{ кг/м}^7 \quad (5.11)$$

$$R = \frac{3711,4}{2,3^2} = 626 \text{ кг/м}^7$$

Заносим в таблицу 5.1 значения для построения характеристики внешней сети:

Таблица 5.1 – Значения для построения характеристики внешней сети

Q, м³/с	0	0,5	0,9	1,4	1,8	2,3
P, Па	0	208,5	675,5	1634,6	2702	3711,4

Параметры нагружения вентилятора представлены на рисунке 5.4

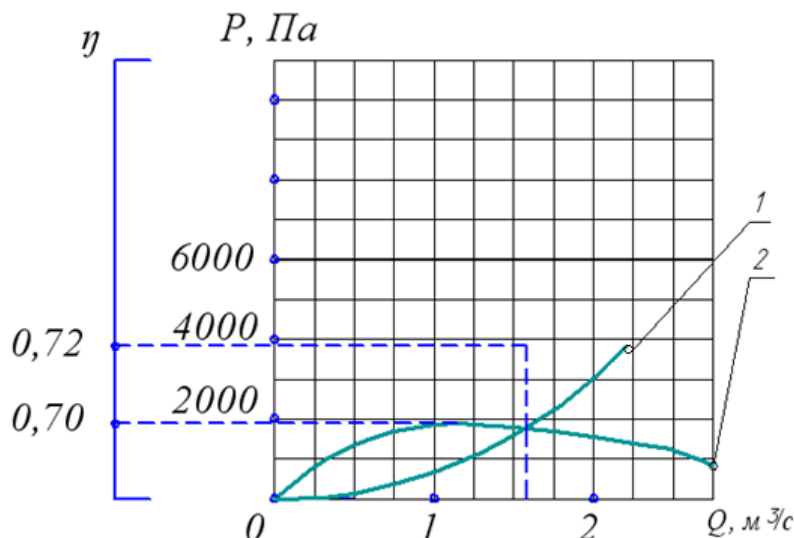


Рисунок 5.4 – Параметры нагружения вентилятора

Параметры ожидаемого режима:

$$p_0 = 2850 \text{ Па}, Q_0 = 1,67 \text{ м}^3 / \text{с}, \eta_0 = 0,72$$

Осуществляем проверку рабочего режима на обеспечение требуемой производительности, экономичности и устойчивости:

Проверка на обеспечение требуемой производительности:

$$Q_o \geq Q_p;$$

$$1,67 \text{ м}^3 / \text{с} \geq 2 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Условие выполняется, требуемая производительность обеспечивается.

Проверка рабочего режима на экономичность:

$$\eta_o \geq 0,9 \cdot \eta_{\max}; \quad (5.11)$$

$$0,72 \geq 0,9 \cdot 0,72 = 0,648$$

$$72 \% \geq 64,8 \%$$

Мощность привода вентилятора N, (кВт) определяем по формуле:

$$N = \frac{k_p \cdot p_0 \cdot Q_0}{1000 \eta_0} \quad (5.12)$$

где $k_l = 1,1 \dots 1,15$ – коэффициент запаса;

$A_{из} = 12530$ – работа компрессора на сжатие 1 м^3 воздуха при изотермическом процессе;

$\eta_0 = 0,65 \dots 0,85$ – полный к. п. д. вентилятора.

$$N = \frac{1,25 \cdot 2850 \cdot 1,67}{1000 \cdot 0,72} = 9 \text{ кВт}$$

По полученному значению мощности $N = 9$ кВт выбираем электродвигатель асинхронный короткозамкнутый серии 4А160S2У3 с параметрами: мощность – $N = 15$ кВт, частота вращения – $n = 2920$ об/мин, к.п.д. – $\eta_{\text{дв.}} = 95 \%$.

Определяем суточные затраты электроэнергии, исходя из того, что предприятие работает 24 часа в сутки:

$$E_c = \frac{N \cdot 24}{\eta_{\text{дв.}} \cdot \eta_c} = \frac{15 \cdot 24}{0,95 \cdot 0,95} = 400 \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут} \quad (5.12)$$

Годовой расход электроэнергии одного вентилятора:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = E_c \cdot 356 = 400 \cdot 365 = 146000 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3 \quad (5.13)$$

В расчете аспирационно-технической установки был подобран электродвигатель асинхронный короткозамкнутый серии 4А160S2У3 с параметрами: мощность – $N = 15$ кВт, частота вращения – $n = 2920$ об/мин, к.п.д. – $\eta_{\text{дв.}} = 95 \%$; для местного отсоса вредных выделений пыли при переработке порошкообразных материалов в прокаточной печи.

6 Безопасность жизнедеятельности в производственной среде

6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производство анодной массы связано с повышенной опасностью для работающих в цехах, которая обусловлена наличием или возможностью возникновения потенциально опасных и вредных производственных факторов:

Опасные физические и вредные производственные факторы:

- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте ПДУ=80 дБ;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- недостаточная освещенность рабочей зоны ПДУ=300 лк.

Опасные химические и вредные производственные факторы по характеру воздействия на организм человека:

- токсические;
- раздражающие;
- канцерогенные;

По пути проникновения в организм человека через:

- органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;
- кожные покровы и слизистые оболочки.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) на рабочих местах:

- смолистые возгоны – 0,2 мг/м³;
- в том числе бенз/а/пирен – 0,0015 мг/м³;
- пыль углеродистая – 6 мг/м³;
- аэрозоли и пары «Сапсотерм» – 50 мг/м³.

Таблица 6.1 – Анализ опасных (вредных) производственных факторов.

Операция процесса	тех.	Оборудовани е	Опасный (вредный) фактор	Величина фактора	Норматив
1 Транспортировка кокса		Питатели дробилок, конвейера, элеваторы	-Движущиеся механизмы, -запыленность воздуха (угольная пыль) -вибрация	2,3 мг/м ³	5,0 мг/м ³

Продолжение таблицы 6.1

2. Дробление сырого кокса	Дробилки валковые	- Движущиеся механизмы, - запыленность воздуха, - вибрация - шум	3,5 мг/м ³ 90 дБА	5,0 мг/м ³ 80 дБА
3. Прокалка и охлаждение кокса	Прокалочные печи, холодильники	- Движущиеся механизмы - загазованность воздуха СО - шум - высокая температура оборудования	15 мг/м ³ 65 дБА >90 °С	20 мг/м ³ 80 дБА 45 °С
4. Грохочение кокса	Грохоты	- Движущиеся механизмы, - запыленность воздуха (угольная пыль) - вибрация - шум - электрический ток	4,2 мг/м ³ 96 дБ 100 дБА >50 мА	5,0 мг/м ³ 92 дБ 80 дБА <10 мА
5. Измельчение кокса	Мельница шаровая	- запыленность воздуха (угольная пыль) - вибрация - шум	3,8 мг/м ³ 100 дБ 110 дБА	5,0 мг/м ³ 92 дБ 80 дБА
6. Транспортировка и подогрев пека	Пекопроводы	- высокая температура оборудования и сырья - загазованность воздуха СО	> 100 °С 10 мг/м ³	45 °С 20 мг/м ³
7. Смешение анодной массы	Смесители	- высокая температура оборудования и сырья - загазованность воздуха СО	> 100 °С 10 мг/м ³	45 °С 20 мг/м ³

Воздействие диэтиленгликоля, возгонов пека, поглотительного масла на организм человека и первая помощь при отравлении (таблице 6.2).

Таблица 6.2 – Токсикологическая характеристика коксовой пыли, теплоносителя, диэтиленгликоля, возгонов пека, поглотительного масла.

Материал	Характеристика вредных выбросов	Влияние на организм человека
1	2	3

1 Пыль коксовая	Пыль с размером частиц от 50 до 160 мкм, не взрывоопасна	Класс опасности – 4, группа – 5. Заболевания: пневмокониоз – при длительном вдыхании значительных количеств.
2 Органический теплоноситель «Сапсотерм»	Пожароопасное вещество	Класс опасности – 4. Не вызывает отравления при попадании в желудок. Не раздражает кожу и слизистую оболочку глаза. Не опасно при вдыхании паров.
3 Пек каменно-угольный	Горючее не взрывоопасное вещество, область самовоспламенения паров от 125 до 145 ⁰ С. Температура: - вспышки, не ниже 210 ⁰ С; - воспламенения, не ниже 25 ⁰ С	Класс опасности – 4. Общее отравление – при вдыхании значительных количеств. Увеличивает чувствительность кожи к солнечному свету. Вызывает раздражение слизистых оболочек глаза и заболевания кожи.
4 Пары поглотительного каменноугольного масла (бензол, нафталин, метилнафталины, фенантрен)	Пожароопасное вещество	Поражает нервную систему (наркотическое воздействие), изменяет состав крови, раздражает кожу и слизистые оболочки, поражает верхние дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, замедление роста, нарушение высшей нервной деятельности.
5 Диэтиленгликоль	Горючее не взрывоопасное вещество	Вызывает острое отравление, поражение почек и печени. Из-за жидкой упругости паров опасности острых ингаляционных отравлений не представляет
6 Борная кислота	Горючее не взрывоопасное вещество	Отравление, раздражение глаз, слизистых оболочек

6.2 Технические и организационные мероприятия по охране труда

Техническими требованиями по охране труда предназначено устранение причин несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Объем производственного помещения на каждого работающего составляет не менее 15 м³, площадь каждого помещения не менее 4,5 м², а высота производственного помещения не менее 3,2 м.

На рабочих местах обязательно наличие средств коллективной защиты:

- Средства нормализации воздушной среды;
- Средства искусственного освещения;

- Средства защиты от теплоизлучения;
- Средства защиты от поражения электрическим током (ограждения, изолирующие устройства и покрытия, применение разделяющих трансформаторов, устройства выравнивания потенциалов (компенсаторы закоротки) и понижения напряжения, устройства дистанционного управления, предохранительные устройства, зноки безопасности;
- Средства защиты от высоких и низких температур;
- Средства защиты от воздействия механических факторов;
- Средства защиты от воздействия химических факторов;
- Средства защиты от шума.

Средства индивидуальной защиты защищают работающих от отравления и профессиональных заболеваний, а также предотвращают возможность поражения электрическим током, тепловыми и другими излучениями.

Выдача бесплатной специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты определяются внутризаводскими нормами и коллективным договором:

- костюм хлопчатобумажный (х/б) ГОСТ 27575-87 - 12 месяцев;
- куртка х/б на утепленной подкладке ГОСТ 29335-92 - 24 месяца;
- сапоги кирзовые ГОСТ 5394-89 - 12 месяцев;
- каска, подшлемник ГОСТ 39-124-81, ТУ17-8-149-81 - 24 месяца;
- очки защитные ГОСТ 12.4.013-86 до износа;
- рукавицы комбинированные ГОСТ 12.4.010-75 - 1 месяц;
- респиратор, «Лепесток» ГОСТ 12.4.028-76 - 1 смена;
- наушники противושумные ТУ400-28-126-76 - деж.;

штовщику ОПМ:

- перчатки резиновые ТУ 38-106243-83 - 1 месяц;
- респиратор 6000 с фильтром 6500 до износа;
- полная маска 6800 - 1 месяц;
- перчатки х/б ГОСТ 124010-75 - 1 месяц;

В производственных помещениях производить работ в спецодежде с использованием средств индивидуальной защиты:

- каска во всех производственных помещениях;
- противושумные наушники (беруши) - в помещении ШБМ, дробилок;
- респиратор во всех помещениях (при работе в зонах воздействия паров пека, диэтиленгликоля, поглотительного масла, респиратор, предохраняющий от воздействия паров);
- резиновые перчатки – при работах с диэтиленгликолем и поглотительным маслом;
- защитные очки – при переливе, диэтиленгликоля в расходный бак, при чистке течек, оборудования среднего размола и пылеприготовления, при чистке емкостей от пека, при отборе проб;
- защитные пасты и мази в зонах повышенной концентрации паров пека поглотительного масла.

6.2.1 Электробезопасность

Все конструктивные элементы оборудования должны быть надежно заземлены. Все токоведущие части надежно заизолированы от возможного соединения с корпусом оборудования. Нарушение изоляции приводит к тому, что одновременное прикосновение к конструкциям, находящимся под потенциалом и к заземленным предметам вызывает протекание электрического тока через тело человека. Сила тока выше 0,1А является смертельной для человека.

Для защиты персонала от поражения электрическим током предусмотрены следующие мероприятия:

- Электрическая изоляция;
- Заземление или зануление корпусов оборудования;
- Применение оградительные средства защиты;
- Применение запрещающих и предупреждающих знаков безопасности;
- Применение предохранительных защитных средств.

6.2.2 Защита от запыленности и загазованности производственных помещений

При производстве анодной массы в производственные помещения выделяются опасные химические вещества такие как: пары, пека, диэтиленгликоль, бензол, нафталин, борная кислота. При воздействии этих веществ на организм человека наступает отравление и потеря трудоспособности либо смерть человека.

Наряду с опасными химическими веществами при дроблении, грохочении и измельчении нефтяного кокса образуется большое количество пыли, которая затрудняет производственный процесс и является опасным производственным фактором.

При обжиге кокса выделяется диоксид серы который может вызвать отравление человека, а также избыточной теплоты, которая вызывает перегрев человека и потерю сознания.

Для защиты персонала от запыленности и загазованности предусмотрены следующие мероприятия:

- применение местной приточно-вытяжной вентиляции, воздушных завес, бортовых отсосов;
- герметизация оборудования;
- экранирование оборудования или рабочих мест;
- применение средств индивидуальной защиты.

6.2.3 Защита от производственного шума

Работа дробилок и шаровой мельницы обусловлена высоким уровнем шума, что также негативно сказывается на здоровье и работоспособности персонала. Для защиты от шума предусмотрены следующие мероприятия:

- экранирование оборудования шумоизолирующими и шумопоглощающими материалами;
- дистанционное наблюдение и управление работой оборудования;
- применение средств индивидуальной защиты.

6.2.4 Организация охраны труда в цехе

К работе в цехах по производству обожженных анодов допускаются лица не моложе 18 лет. Рабочие, инженерно-технические работники, поступающие на работу в цехи обожженных анодов, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию, а постоянно работающие на предприятии - периодическому медицинскому освидетельствованию.

Рабочие, вновь поступающие на работу, должны получить вводный инструктаж по технике безопасности в отделе техники безопасности завода. Рабочие, вновь принятые и переведенные из одного отделения в другое на работу по своей специальности, перед допуском к работе должны быть проинструктированы по технике безопасности непосредственно на рабочем месте. Инструктаж проводится мастером или лицом, его заменяющим.

К самостоятельной работе рабочие допускаются только после обучения безопасным методам работы и стажировки на рабочем месте, а так-80 же проверки их знаний по технике безопасности в цеховых комиссиях, утвержденных главным инженером предприятия. Продолжительность стажировки рабочего должна быть не менее 10 дней. Повторный инструктаж для рабочих цехов производства анодной массы проводится через каждые 6 мес. Рабочие, совмещающие несколько профессий, инструктируются по каждой профессии. Дополнительный инструктаж следует производить при изменении технологических процессов, применении новых видов оборудования, а также в случае нарушения рабочими инструкций по технике безопасности.

В цехах производства анодной массы должен быть список особо опасных работ, утвержденный главным инженером. Выполнение таких работ производится специально обученными рабочими, умеющими пользоваться средствами личной защиты и знающими способы оказания первой (доврачебной) помощи. Все работы повышенной опасности производятся по нарядам-допускам с соблюдением требований. Положения о применении нарядов-допусков при производстве работ в условиях повышенной опасности на предприятиях цветной металлургии и Инструкции по организации и ведению работ в газоопасных местах на предприятиях химической, металлургической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Запрещаются работы без соответствующей спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений, а также при нарушении правил их ношения.

Шихтовщик должен знать и соблюдать «Правила внутреннего трудового распорядка для работников ОАО «Русал – Красноярск », выполняя требования режимов труда и отдыха, которые определен графиком сменности,

утвержденным директором анодного производства и согласованным с профсоюзным комитетом.

О каждом несчастном случае на производстве, пострадавший или очевидец должен сообщить мастеру, обратиться за медицинской помощью или организовать первую помощь пострадавшему и его доставку в медсанчасть, сохранить до прибытия комиссии обстановку на рабочем месте и состояние оборудования таким, каким они были в момент происшествия, если это не угрожает здоровью и жизни людей и не приведет к аварии.

Шихтовщик должен знать и соблюдать требования личной гигиены, содержать в исправности и чистоте спецодежду, спецобувь и средства индивидуальной защиты, своевременно сдавать в стирку и ремонт.

Лица, виновные в нарушении требований настоящей инструкции, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ.

6.3 Мероприятия по производственной санитарии

Потолки, стены, оборудование в производственных зданиях и помещениях окрашиваем в цвета холодных тонов. В помещениях не имеющих естественного освещения и неотапливаемых в цвета теплых тонов. Для устройства полов применяем материалы, позволяющие создать нескользкую и гладкую поверхность.

В производствах с выделением пыли уборка помещений механизирована при помощи стационарных или передвижных пылесосных установок.

Бытовые помещения помещаем вне цеха. При большом количестве рабочих эти помещения помещаем в отдельно стоящих зданиях соединенных с цехом раздельной галереей.

Помещения отдыха оборудованы умывальниками с подводкой горячей и холодной воды, устройствами питьевого водоснабжения сатураторами. В целях снижения вредного воздействия избыточного тепла на организм человека принимаем газированную подсолёную воду, содержащую 0,5% поваренной соли, из расчета 4 – 5 литров на человека в смену.

Расстояние от рабочих мест до устройств водоснабжения не превышает 75 метров. Для поддержания данной температуры в комнатах отдыха устанавливаем утепляющие устройства, охлаждающие устройства или естественная вентиляция.

6.4 Мероприятия по пожарной и взрывной безопасности

Пожары на предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб. Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих,

организацию добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности и т. д.

К техническим мероприятиям относятся, соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Мероприятия режимного характера — это запрещение курения в неустановленных местах, производства сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и т. д.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

Удаление газов и дыма из горящих помещений производится через оконные проемы, аэрационные фонари, а также с помощью специальных дымовых люков, легкобрасываемых конструкций. Дымовые люки предназначены для удаления продуктов горения, обеспечения незадымленных смежных помещений и управления процессами горения на пожарах (с тем, чтобы придать пламени желаемое направление).

Дымовые люки устанавливают в подвальных помещениях, в перекрытиях складских и бесфонарных производственных зданий. В практике тушения пожаров наибольшее распространение получили следующие принципы прекращения горения: 1) изоляция очага горения от воздуха или снижение путем разбавления воздуха негорючими газами концентрации кислорода до значения, при котором не может происходить горение; 2) охлаждение очага горения ниже определенных температур; 3) интенсивное торможение (ингибирование) скорости химической реакции в пламени; 4) механический срыв пламени в результате воздействия на него сильной струи газа или воды; 5) создание условий огнепреграждения, т. е. таких условий, при которых пламя распространяется через узкие каналы.

Аппараты пожаротушения подразделяют на передвижные (пожарные автомобили), стационарные установки и огнетушители (ручные до 10 л и передвижные или стационарные объемом свыше 25 л).

Огнетушители по виду огнетушащих средств подразделяют на жидкостные, углекислотные, химпенные, воздушно-пенные, хладоновые, порошковые и комбинированные.

Пожарные извещатели преобразуют неэлектрические физические величины (излучение тепловой и световой энергии, движение частиц дыма) в электрические, которые в виде сигнала определенной формы направляются по проводам на приемную станцию. По способу преобразования пожарные извещатели подразделяют на параметрические, преобразующие неэлектрические величины в электрические с помощью вспомогательного источника тока, и генераторные, в которых изменение неэлектрической величины вызывает появление собственной ЭДС.

Извещатели пожара делят на приборы ручного действия, предназначенные для выдачи дискретного сигнала при нажатии соответствующей пусковой

кнопки, и автоматического действия для выдачи дискретного сигнала при достижении заданного значения физического параметра (температуры, спектра светового излучения, дыма и др.).

В зависимости от того, какой из параметров газовой среды вызывает срабатывание пожарного извещателя, они бывают: тепловые, световые, дымовые, комбинированные, ультразвуковые. По исполнению пожарные извещатели делят на нормального исполнения, взрывобезопасные, искробезопасные, герметичные; по принципу действия — максимальные и дифференциальные.

При производстве анодной массы используются легко воспламеняемые и взрывоопасные вещества. Органический теплоноситель «Саптотерм» - пожароопасное вещество, пек каменно-угольный Горючее не взрывоопасное вещество, область самовоспламенения паров от 125 до 145⁰С. Температура - вспышки, не ниже 210⁰С, воспламенения, не ниже 25⁰С

Возможность возникновения обычных пожаров в цехе производства анодной массы крайне ограничена, так как конструктивные элементы зданий выполняем из несгораемых материалов.

Таким образом, основные мероприятия по профилактике пожарной безопасности в цехе производства анодной массы направляем на предотвращение возгораний нефтяного кокса, каменноугольного пека и теплоносителя. По степени пожарной опасности цех производства анодной массы относят к категории П-І.

На заводе есть своя пожарная часть. Если пожар возникает вне корпуса электролиза, его ликвидируют путем применения воды, пены, углекислого газа и пр.

Для каждого передела, участка и службы в цехе анодной массы разрабатывают инструкцию пожарной безопасности. Степень огнестойкости зданий І со временем огнестойкости 2,5 часа.

6.5 Охрана окружающей среды

6.5.1 Анализ промышленных загрязнений окружающей среды

Цех производства анодной массы выделяет в атмосферу пыль, токсичные газы, пары и аэрозоли. ГОСТ 17.2.3.02 — 78. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов определяет ГОСТ 17.2.3.01-77* (СТ СЭВ 1925-79).

В результате сжигания мазута и частичного угара кокса, содержание серы в котором достигает 4 %, образуется значительное, до 7 000 мг/м³ газа, количество сернистого ангидрида SO₂. Годовой выброс сернистого ангидрида составляет порядка 40 % от суммарных выбросов завода.

В цехах производства анодной массы выделяется большое количество пыли и вредных веществ. Вследствие вентиляции производственных помещений отходящих газы и пыль попадают в окружающую среду, загрязняя ее и негативно воздействующих на людей, растительность и животный мир.

Анализ последствия загрязнения атмосферы алюминиевыми заводами показывает, что воздействие выбросов носит локальный характер, и основной

ущерб наносится природной среде района расположения алюминиевого производства.

«Русал-Красноярск» расположен за чертой города, согласно действующим санитарным нормам. Ширина санитарно-защитной зоны составляет 3 км. Санитарно-защитная зона КраЗа – это 56,9 гектара с 8 тысячами деревьев, 3 тысячами метров живой изгороди из сирени, акации, курильского чая и вяза.

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»:

Таблица 6.3 – ПДК пыли – и газообразных отходов при производстве анодной массы.

Вещество	ПДК, мг/м ³ Раб. зоны	ПДКсс, мг/м ³
Пек	0,5	0,05
Углеродная пыль	6	0,5
Бенз(а)пирен	0,00015	$0,1 \cdot 10^{-3}$
Оксид углерода	20	3
Диоксид серы	10	0,05

6.5.2 Природоохранные мероприятия

Для очистки газовых выбросов от вредных примесей применяют пылеулавливающие и газоочистные установки.

При значительном количестве вентиляционных выбросов с содержанием вредных веществ и коксовой пыли предусматривается его очистка, рукавными фильтрами и циклонами.

Уменьшения выделений вредных веществ в производственное помещение цеха и через аэрационные фонари в окружающую среду достигают путем местных отсосов пыли от оборудования и далее в систему очистки.

Очистку сточных вод прессовых цехов предусматривают в отстойниках и маслоуловителях. Для очистки сточных вод от масла предусматривают устройство отстойника периодического действия. В отстойнике перемешивают очищаемую воду с молотой известью или известковым молоком. Перемешивание рекомендуется производить барботированием сжатым воздухом. Продолжительность отстаивания в отстойнике — не менее 30 мин.

Предлагается установка системы улавливания сернистого ангидрида для прокаточных печей на основе 2 газоочистных установок «Dantherm», по результатам внедрения которых ожидается улавливание 98% выбросов сернистого ангидрида от печей прокаливания кокса.

В процессе производства анодной массы, применяют замкнутый цикл производства:

- твердые частицы из системы аспирации попадают в систему тонкого помола, либо в сортовые бункера;

- смолистые соединения, улетучивающиеся из пека, улавливают в системе аспирации «Procedair» за счет адсорбции паров пека тонкой фракцией кокса (пылью).

Использование пыли ограничивают одним циклом, чтобы не допустить слипания частиц пыли между собой. После улавливания пыли на рукавных фильтрах, её вновь возвращают в производство.

Контроль за экологической обстановкой при производстве анодной массы осуществляют специалисты санитарно-промышленной лаборатории (СПЛ), в соответствии со схемой контроля, утвержденной директором по экологии. Результаты контроля фиксируют в «карте отбора проб» с выдачей копии в РСО ЦАМ, в случае превышения ПДК по любому из контролируемых параметров, руководство цеха ставится об этом в известность.

7 Эксплуатация и ремонт

Определение количества и видов технических обслуживаний и ремонтов рабочего оборудования ОАО «РУСАЛ-Красноярск»

С целью поддержания технологического оборудования в работоспособном и исправном состоянии, а так же восстановления ресурса в проекте предусмотрена ремонтная база.

Для осуществления комплекса мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту предлагается выполнить по системе планово-предупредительных ремонтов (ППР), которое получило широкое применение в алюминиевой промышленности. Достоинством системы является предупреждение работы оборудования в аварийном режиме и проведение плановых профилактических мероприятий.

Номинальный фонд времени работы оборудования ОАО «РУСАЛ-Красноярск» представлен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Номинальный фонд времени работы оборудования

Характеристика производства	Число рабочих дней в году, дн., N_p	Число смен в сутки, ед. см	Номинальный фонд времени работы оборудования, часы			
			в смену, ч $T_{см}$	в сутки, ч. $T_{сут}$	в месяц, ч. $T_{мес}$	в год, ч. $T_{год}$
С непрерывным технологическим процессом	340	3	8	24	680	8160

На основании положения о ППР, нормативы периодичности, продолжительности и трудоёмкости ремонтов основного технологического оборудования сведены в таблицу 7.2

Таблица 7.2 – Ремонтные нормативы основного технологического оборудования

Технологическое оборудование	Кол-во	Ремонт				Трудоёмкость, чел. -час.	
		Вид	Периодичность, ч.	Продолжительность, ч.	Число в цикле	1-го ремонта	Средне-годовая
1Прокаточная печь	1	О	730 2190 8760	8 96 860	8 3 1	80 120 5600	640 3360 5600

7.1 Расчет количества технических обслуживаний и ремонтов

Количество и виды технических обслуживаний и ремонтов являются исходной информацией для составления годового и месячного графиков ремонтных работ по каждой единице принятого к эксплуатации оборудования.

Количество и виды технических обслуживаний и ремонтов определяем аналитическим методом:

Расчёты проводим для каждого типа машин и оборудования на календарный год в зависимости планируемой выработки на год.

Прежде чем приступить к расчету количества и видов технического обслуживания и ремонтов необходимо определить планируемую выработку машины на год.

Планируемая выработка машины на год, ч. определяем по формуле

$$H_{\Gamma} = T_{\Gamma} \cdot K_{\Pi}^{\Pi} - T_{\text{Р}} \quad (7.1)$$

где T_{Γ} – номинальный фонд работы оборудования в год, $T_{\Gamma} = 8160$ ч.;

K_{Π}^{Π} – планируемый коэффициент использования в смену; $K_{\Pi}^{\Pi} = 0,8 \dots 0,9$;

$T_{\text{Р}}$ – количество часов, затрачиваемых на ремонт в планируемом году

Количество часов, затрачиваемых на ремонт, ч. рассчитываем по формуле

$$T_{\text{Р}} = \frac{T_{\Gamma} \cdot (T_{\text{ТО}} \cdot N_{\text{ТО}}^{\Pi} + T_{\text{Т}} \cdot N_{\text{Т}}^{\Pi} + T_{\text{К}} \cdot N_{\text{К}}^{\Pi})}{K} \quad (7.2)$$

где $T_{\text{ТО}}$, $T_{\text{Т}}$, $T_{\text{К}}$ – продолжительность, соответственно, одного технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, ч. принятые по таблице 5.2;

$N_{\text{ТО}}^{\Pi}, N_{\text{Т}}^{\Pi}, N_{\text{К}}^{\Pi}$ – число в цикле, соответственно, технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, ед.;

K – ремонтный цикл, ч (для прокаточной печи $K = 8760$ ч) ;

Количество капитальных ремонтов определяем по формуле

$$N_{\text{К}} = \frac{H_{\Gamma} + H_{\text{К}}}{K} \quad (7.3)$$

где $H_{\text{К}}$ - выработка предыдущего капитального ремонта, ч.; Для расчетов принимаем $H_{\text{К}} = 0$.

Количество капитальных ремонтов на текущий год принимается равным нулю.

Количество текущих ремонтов определяем по формуле

$$N_{\text{Т}} = \frac{H_{\Gamma} + H_{\text{Т}}}{T} - N_{\text{К}} \quad (7.4)$$

где T - периодичность текущих ремонтов, ч. По таблице 7.2 $T = 2190$ ч;

$H_{\text{Т}}$ - выработка дробилки от предыдущего текущего ремонта, $H_{\text{Т}} = 0$.

Количество технических осмотров рассчитываем по формуле

$$N_{TO} = \frac{H_{\Gamma} + H_{TO}}{T_{O}} - N_K - NT \quad (7.5)$$

где ТО - периодичность технических осмотров, ТО = 730 ч (табл. 7.2);

H_{TO} - выработка от предыдущего технического обслуживания ремонта, $H_{TO} = 0$.

Определяем количество капитальных ремонтов на текущий год для прокалочной печи

$$T_p = \frac{8160 \cdot (8 \cdot 8 + 96 \cdot 3 + 860 \cdot 1)}{8760} = 1128,9 \text{ час}$$

$$H_{\Gamma} = 8160 \cdot 0,9 - 1128,9 = 6215,1 \text{ ч}$$

$$N_K = \frac{6215,1}{8760} = 0,71$$

Количество капитальных ремонтов на текущий год принимаем равным одному.

Рассчитываем количество текущих ремонтов печи

$$N_{\delta} = \frac{6215,1 + 0}{2190} - 1 = 1,8$$

Количество текущих ремонтов принимаем равным двум.

Находим количество технических осмотров

$$N_{oi} = \frac{6215,1 + 0}{730} - 1 - 2 = 5,51$$

Количество технических осмотров принимаем равным шести.

7.2 Организация ремонтных работ

В соответствии с определенными количеством и видами технических обслуживаний и ремонтов рабочего оборудования завода составляются годовой (таблица 7.3) и месячный (таблица 7.4) графики планово-предупредительных ремонтов действующего оборудования.

Таблица 7.3 – График ППР оборудования на 2018 год

Оборудование	Инв. номер	1 квартал				2 квартал				3 квартал				4 квартал				Кол-во ремонтов			Общая продолжит. ремонтов, ч
		январь	февраль	март	простои	апрель	май	июнь	простои	июль	август	сентябрь	простои	октябрь	ноябрь	декабрь	простои	ТО	Т	К	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Прокалочная печь	31		$\frac{ТО}{8}$	$\frac{ТО}{8}$	16	$\frac{ТО}{8}$	$\frac{Т}{96}$		104	$\frac{ТО}{8}$		$\frac{ТО}{8}$	16	$\frac{Т}{96}$	$\frac{ТО}{8}$	$\frac{К}{860}$	964	$\frac{6}{48}$	$\frac{2}{192}$	$\frac{1}{860}$	1100

Таблица 7.4 – График ППР на Июнь 2018 года

Оборудование	Инвент. номер	Числа месяца																														Продолжитель- ность			Общая продол житель ность ремонт ов, ч
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	ТО	ТР	К	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Прокалочная печь	31																														-	-	-	-	

7.3 Расчет численности ремонтного персонала

Численность ремонтного персонала определяется методом нормативной трудоемкости, который является наиболее точным.

Годовые суммарные трудозатраты определяются как:

$$T_H = [(t_{TO}^1 + t_{T1}^1 + t_{T2}^1 + t_K^1) \cdot N^1 + (t_{TO}^2 + t_{T1}^2 + t_{T2}^2 + t_K^2) \cdot N^2 + (t_{TO}^3 + t_{T1}^3 + t_{T2}^3 + t_K^3) \cdot N^3 + (t_{TO}^4 + t_{T1}^4 + t_{T2}^4 + t_K^4) \cdot N^4 + (t_{TO}^5 + t_{T1}^5 + t_{T2}^5 + t_K^5) \cdot N^5 + (t_{TO}^6 + t_{T1}^6 + t_{T2}^6 + t_K^6) \cdot N^6 + (t_{TO}^7 + t_{T1}^7 + t_{T2}^7 + t_K^7) \cdot N^7 + (t_{TO}^8 + t_{T1}^8 + t_{T2}^8 + t_K^8) \cdot N^8] \quad (7.5)$$

где $t_{TO}^1 \dots t_{TO}^8$ - Нормативная среднегодовая трудоёмкость технических осмотров отдельных видов оборудования, чел-ч.

$t_{T1}^1 \dots t_{T1}^8$ - Нормативная среднегодовая трудоёмкость первых технических ремонтов отдельных видов оборудования, чел-ч.

$t_{T2}^1 \dots t_{T2}^8$ - Нормативная среднегодовая трудоёмкость вторых технических ремонтов отдельных видов оборудования, чел-ч.

$t_K^1 \dots t_K^8$ - Нормативная среднегодовая трудоёмкость капитальных ремонтов отдельных видов оборудования, чел-ч.

$N^1 \dots N^8$ - число единиц отдельных видов оборудования, принятых к эксплуатации.

$$\begin{aligned} T_H &= [(64 \cdot 8 + 210 \cdot 2 + 63) \cdot 1 + (88 \cdot 26 + 27 \cdot 2 + 36) \cdot 1 \\ &\quad + (2 \cdot 18 + 9 \cdot 14 + 58) \cdot 3 + (2 \cdot 12 + 11 \cdot 9 + 67) \cdot 2 \\ &\quad + (8 \cdot 4 + 53 \cdot 5 + 40) \cdot 1 + (96 \cdot 7 + 245 \cdot 3 + 100) \cdot 1 \\ &\quad + (40 \cdot 8 + 32 \cdot 2 + 70) \cdot 1 + (670 \cdot 6 + 3360 \cdot 2 + 5600) \cdot 1] \\ &= 22714 \text{ чел.} - \text{ч} \end{aligned}$$

Плановую численность производственных рабочих, необходимых для выполнения годового объема ремонтных работ, определяем по формуле:

$$M = \frac{\alpha \cdot T_H}{D_p \cdot k_{п.в.}} \quad (7.6)$$

где α - коэффициент, учитывающий выполнение внеплановых работ ($\alpha = 1,7$)

D_p - номинальный годовой фонд времени одного рабочего, определяем по формуле:

$$D_p = 8(365 - В - П - О) \cdot k_{п.в.} \quad (7.7)$$

где ВП – количество выходных и праздничных дней в планируемом году (ВП=118 дней)

О – средняя продолжительность отпуска (О=36)

$k_{п.в.}$ - коэффициент учитывающий потери времени рабочего по уважительной причине ($k_{п.в.} = 0,95$).

$$D_p = 8(365 - 118 - 36) \cdot 0,95 = 1603,8 \text{ ч}$$

$k_{п.в.}$ - коэффициент выполнения норм выработки рабочим ($k_{п.в.} = 1,1$)

Тогда плановая численность производственных рабочих будет составлять:

$$M = \frac{1,7 \cdot 22714}{1603,8 \cdot 1,1} = 21,9$$

Принимаем плановую численность производственных рабочих $M=22$

Численность вспомогательных и подсобных рабочих (транспортного отдела, инструментального, ОТК, заточник, кладовщик и т.д.) принимаем равной:

$$M_B = M \cdot 0,11 \quad (7.8)$$

$$M_B = 22 \cdot 0,11 = 2,4$$

Принимаем численность вспомогательных и подсобных рабочих $M_B = 3$ чел.

Численность ИТР принимаем:

$$M_{И} = (M + M_B) \cdot 0,08 \quad (7.9)$$

$$M_{И} = (22 + 3) \cdot 0,08 = 2,0$$

Принимаем численность ИТР равной

Численность счетно – нормировочного состава определяется по формуле:

$$M_c = (M_B + M + M_{И}) \cdot 0,05 \quad (7.10)$$

$$M_c = (3 + 22 + 2) \cdot 0,05 = 1,35$$

Принимаем численность счетно – нормировочного состава $M_c = 2$ чел.

Численность младшего обслуживающего персонала (уборщицы помещений, дворники, гардеробщики, телефонистки и т.д.) определяем по выражению:

$$M_M = (M_B + M + M_{И} + M_c) \cdot 0,03 \quad (7.11)$$

$$M_M = (3 + 22 + 2 + 2) \cdot 0,03 = 0,87$$

Принимаем численность младшего обслуживающего персонала $M_M = 1$.

Численность всего работающего персонала по категориям работы приведена в таблице 7.5

Таблица 7.5 – Численность работающего персонала по категориям работы.

Категория работ	Численность персонала
Слесари и электрослесари	8
Токари-станочники	10
Электрогазосварщики	2
Прочие (разметчики, контролёры и т.д.)	2
Вспомогательные рабочие	3
ИТР	2
Счётно-нормировочный состав	2
МОП	1
Итого	30

7.4 Расчет станочного оборудования

Количество станков, определяем по формуле:

$$N_{\text{ст}} = \frac{\delta \cdot \alpha \cdot T_{\text{н}}}{m \cdot D \cdot k_u} \quad (7.12)$$

где δ - коэффициент станочных работ ($\delta = 0,35$);

m - число смен работы станков в сутки ($m=3$);

D - годовой фонд времени одного станка ($D = 2040$);

k_u - коэффициент использования станков в течении смены ($k_u = 0,6$).

$$N_{\text{ст}} = \frac{0,35 \cdot 1,7 \cdot 22714}{2 \cdot 2040 \cdot 0,6} = 5,52$$

Принимаем количество станков $N_{\text{ст}}=6$.

По условным соотношениям производим распределение станков по видам работ, которое представлено в таблице 7.6

Таблица 7.6 – Распределение станков по видам

Тип станка	Количество	Модель
1.Токарно-винторезные	2	1K62
2.Сверлильные	1	2 В697
3.Фрезерные	1	6Н82
4.Зуборезные	1	7417
5.Заточные	1	283А

7.5 Проектирование ремонтной базы

Расчёт производственных площадей производим в зависимости от количества рассчитанного станочного оборудования.

Площадь механического отделения:

$$F = \sum_{i=1}^n N_{\text{CTi}} \cdot f_o, \quad (7.13)$$

где N_{CTi} – количество оборудования определённого типа;

n – количество станков i -го типа;

f_o – удельная площадь, приходящаяся на единицу оборудования, м^2 ,

$$F = \sum N_{\text{CTi}} \cdot f_o = 2 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 20 + 1 \cdot 20 + 1 \cdot 24 + 1 \cdot 15 = 139 \text{ м}^2;$$

Площадь остальных производственных цехов и отделений сведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Площадь остальных производственных цехов и отделений

Цех или отделение	F, м ²
1	2
Участок разборки оборудования	70
Отделение мойки деталей	40
Отделение сортировки	35
Отделение комплектовки	35
Испытательное отделение	35
Отделение ремонта электрооборудования	40
Отделение сборки	140
Малярное отделение	35
Термическое отделение	35
Электрогазосварочное отделение	35
Механический цех	139
Итого общая площадь производственных цехов и отделений F _{мо} , м ²	639

Площадь вспомогательных помещений:

$$F_B = F_{мо} \cdot 0,25 = 639 \cdot 0,25 = 159,75 \text{ м}^2 \quad (7.14)$$

Площадь административных помещений:

$$F_A = F_{мо} \cdot 0,06 = 639 \cdot 0,06 = 38,34 \text{ м}^2. \quad (7.15)$$

Площадь бытовых помещений:

$$F_B = F_{мо} \cdot 0,15 = 639 \cdot 0,15 = 95,85 \text{ м}^2. \quad (7.16)$$

Общая площадь ремонтной базы:

$$F_{общ} = F_B + F_A + F_B + F_{мо} = 159,75 + 38,34 + 95,85 + 639 = 932,94 \text{ м}^2. \quad (7.17)$$

7.6 Выбор схемы ремонтной базы

Схемы, конструкции и размеры производственных машиностроительных зданий унифицированы и регламентируются нормами Госстроя СН-118-68. Эти нормы применяют и для проектирования ремонтных предприятий [19].

Унифицированные здания предусматривают блочное размещение цехов и отделений предприятия, как правило, в одном многопролётном здании. Такое размещение цехов и отделений значительно снижает стоимость строительства и эксплуатации зданий, улучшает условия маневрирования при перепланировке производства. Здания в плане должны быть близкими к квадрату или короткому прямоугольнику. В этом случае при одной и той же площади периметр здания является минимальным.

В соответствии с рассчитанной общей площадью ремонтной базы и площадями цехов и отделений определяется длина и ширина здания таким образом, чтобы они были кратны шагу колонн, принимаемому по табл. 6 [19].

В связи с производственной необходимостью схема производственного потока ремонта принимается прямоточная, без встречных и перекрестных грузопотоков.

Все цехи и отделения делятся на зоны:

1. Зона разборки. В неё входят участки: разборки и мойки оборудования, отделение сортировки, контрольно-сортировочный склад деталей;
2. Зона сборки. В неё входят отделения: комплектовки, испытательное, малярное; цех сборки машин и агрегатов;
3. Зона холодной обработки. В неё входят отделения ремонта электрооборудования и корпусных деталей, механический цех;
4. Зона горячей обработки. В нее входят термическое, гальваническое, штамповочное, кузнечно-прессовое отделения;
5. Зона сварки, в которую входят электрогазосварочное и газо-термическое отделения;
6. Зона вспомогательных цехов и служб: инструментальное и заточное отделения, склады, трансформаторная подстанция и компрессорная станция;
7. Зона движения грузопотоков;
8. Зона административных помещений;
9. Зона бытовых помещений.

Зоны 8 и 9 располагаются на верхних этажах в торцевой (или продольной) части здания.

Технологическая схема ремонтной базы предприятия с прямолинейной зоной движения грузопотоков приведена на рисунке 7.1.

Зона разборки	Зона горячей обработки	Зона вспом. помещений
<div> <div>→</div> <div>Зона движения грузопотоков</div> <div>→</div> </div>		
Зона сварки	Зона холодной обработки	Зона сборки
Зона бытовых помещений		Зона административных помещений

Рисунок 7.1 – Технологическая схема ремонтной базы предприятия с прямолинейной зоной движения грузопотоков.

В соответствии со схемой производства эти зоны наносим на план ремонтной базы, а затем в каждой зоне размещаем соответствующие цехи, отделения и службы.

7.7 Определение параметров пролета здания ремонтной базы

Основными параметрами пролета здания являются (рис. 7.2): ширина пролета L ; шаг колонн t в направлении продольной оси пролета; сетка колонн $L \times t$; высота до подкрановых путей H_1 ; высота пролета H (расстояние от пола до нижней части несущих конструкций перекрытия); строительная высота H_C ; длина пролета S (расстояние между осями крайних колонн здания в направлении продольной оси пролета).

Принимаем одноэтажное здание с мостовым краном.

Высоту до подкрановых путей определяют по формуле:

$$H_1 = A + B = 3,6 + 4 = 7,6, \text{ м}; \quad (7.18)$$

где A – максимальная высота станков, м.;

B – зазор между станками и краном, м.

Принимаем стандартное $H_1 = 8,15$ м. [19].

Высоту пролёта определяют по формуле:

$$H = H_1 + h = 8,15 + 2 = 10,15, \text{ м}; \quad (7.19)$$

где h – расстояние от рельсовых путей до нижней части фермы.

По стандарту принимаем $H = 10,8$ м. [19].

Строительную высоту определяют по формуле:

$$H_C = H + a = 10,8 + 2 = 12,8, \text{ м}; \quad (7.20)$$

где a – высота фермы, м.

Длину пролёта определяют по формуле:

$$S = t \cdot n = 6 \cdot 3 = 18, \text{ м}; \quad (7.21)$$

где n – число шагов колонн;

t – шаг колонн.

План ремонтной базы представлен на рисунке 7.2

Заключение

В данной бакалаврской работе был рассмотрен способ модернизации прокалочной печи с установкой дополнительного оборудования, с целью увеличения ее производительности. В результате предложенной программы модернизации производительность печи увеличилась с 10,93 т/час. до 13,1 т/час.

Для повышения эффективности работы системы охлаждения прокалённого кокса предлагается реализовать следующие мероприятия:

- увеличить зону охлаждения барабана на холодильниках № 1-4, секции барабана холодильника, находящиеся между его второй опорой и венцовой шестерней;
- организовать дополнительную подачу (впрыск) охлаждающей воды в поток прокаленного кокса в верхней части перегрузочного узла двумя-тремя форсунками с дополнительной установкой фильтра для очистки поступающей на них оборотной воды, повышающего насоса, расходомеров воды на впрыск и возможностью регулирования расходов;

Большое значение для обеспечения заданных условий работы прокалочной печи имеет конструктивное оформление узлов сочленения вращающегося барабана с «горячей» головкой холодильника. Конструкция сочленения должна быть максимально уплотнена, чтобы подсосы воздуха были минимальны. При повышенных подсосах воздуха наблюдается повышенный угар кокса, так как нарушается соотношение длин зон в печи и вместо выделяющихся летучих сгорает прокаленный кокс в зоне охлаждения материала.

Для предотвращения окисления прокаленного кокса предусматривается реализация следующих мероприятий:

- установить на горячей головке холодильника систему уплотнения. Уплотнение горячей головки предлагается выполнить из графитовых сегментов, скользящих по поверхности барабана холодильника, по аналогии с существующими уплотнениями горячей и холодной головками печи;
- установить регулятор перепада разрежения между печью и холодильником;
- провести работы по оптимизации аспирационной системы.

В данной бакалаврской работе был проведен расчет аспирационно-технической установки и был подобран электродвигатель асинхронный короткозамкнутый серии 4A160S2Y3 с параметрами: мощность – $N = 15$ кВт, частота вращения – $n = 2920$ об/мин, к.п.д. – $\eta_{\text{дв.}} = 95$ %; для местного отсоса вредных выделений пыли при переработке порошкообразных материалов в прокалочной печи.

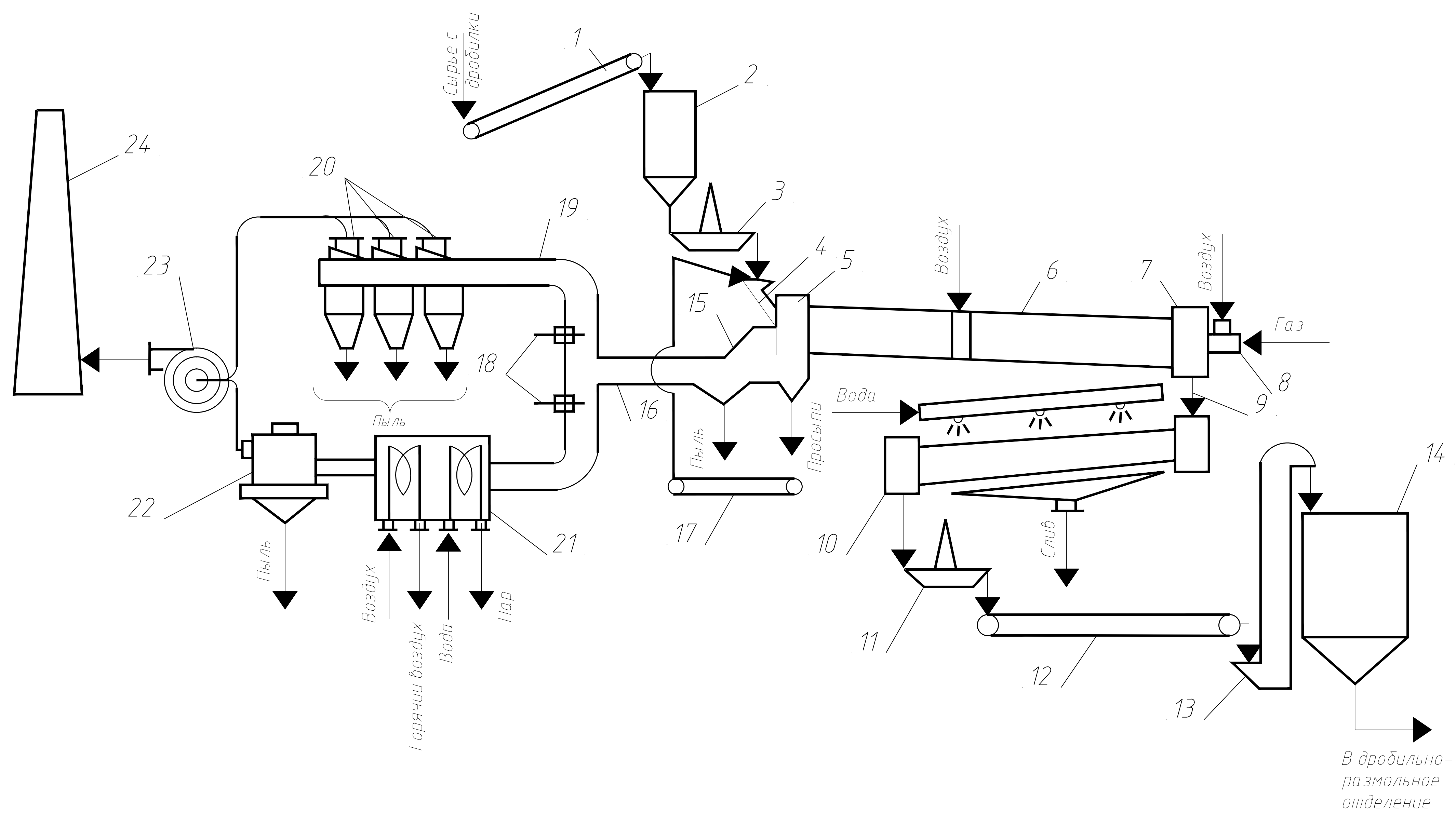
Для данной модернизации прокалочной печи потребуются дополнительные капитальные вложения. Срок окупаемости капитальных вложений составил один год.

Список использованных источников

- 1 ГОСТ 12.1.005 – 01 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. – Введ. 2001-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – IV. – 23 с.
- 2 СТО СФУ 2.2-07-2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности.
- 3 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 557 с.
- 4 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебник для вузов// С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
- 5 Беляев А.И. Металлургия легких металлов: науч. изд./ А.И. Беляев. – М.: Металлургия, 1970. – 368 с.
- 6 Бринза В.Н. Охрана труда в металлургии [Текст]: науч. изд. / В.Н. Бринза, М.М. Зиньковский. – М.: Металлургия, 1982. – 336 с.
- 7 Вайсберг Л.А. Проблемы машиностроения и надежности машин. Машиноведение: науч. изд. / Л.А. Вайсберг, Л.П. Загоратский. – М.: Наука, 2002. – 325 с.
- 8 Грацерштейн И. М. Организация, планирование и управление на предприятиях цветной металлургии // И.М. Грацерштейн, Р.Д. Малинова. – М.: Металлургия, 1990. – 511 с.
- 9 Деев П. З. Техника безопасности в металлургическом производстве [Текст]: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1978. – 239 с.
- 10 Загоруйко М.М. Основы экономической теории [Текст] / М.М. Загоруйко. – Волгоград: ВГУ, 1995.
- 11 Злобинский Б. М. Охрана труда в металлургии [Текст] / Б.М. Злобинский. – М.: Металлургия, 1975. – 535 с.
- 12 Минцис М. Я. Электрометаллургия алюминия [Текст]: науч. изд. / М. Я., Минцис, П.В. Поляков, Г.А. Сиразутдинов. – Новосибирск: Наука, 2001. – 368 с.
- 13 Троицкий И. А. Металлургия алюминия: науч. изд / И.А. Троицкий, В. А. Железнов. – М.: Металлургия, 1977. – 392 с.
- 14 Янко Э.А. Аноды алюминиевых электролизеров [Текст]: науч. изд./ Э.А. Янко. – М.: Руда и металлы, 2001. – 671 С.
- 15 Безопасность жизнедеятельности в дипломном проектировании [Текст]: метод. указ. по выполнению раздела Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах для студентов металлургических специальностей очной и заочной форм обучения // Э. В. Богданова, А. Г. Степанов, Т. Н. Зернова. – Красноярск: КИЦМ, 1994. – 32 с.
- 16 Гилев А.В. Ремонт машин и оборудования. Метод. Указания по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальностей 1701 и 1703. / А.В. Гилев, Х.М. Мишхожев. – Красноярск. КИЦМ, 1983. – 40 с.

- 17 Доронин С.В., Бабушкин А.В. Конструкционная прочность технологического оборудования. Красноярск: КГАЦМиЗ. 2003. – 96 с.
- 18 Ковалёва М.Т. Планирование на предприятии: метод. указания по выполнению курсовых работ : Красноярск: КГАЦМиЗ.. 2006. – 30 с.
- 19 Крутякова Ю.А., Юсупова С.Р. Бизнес-планирование: учеб.-практ. пособие – М.: ТК Велби, Издательство Проспект, 2006. – 104 с.
- 20 Всероссийской научно-тех. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. МИОЦ ФГОУ ВПО «СФУ». – Ачинск, 2009 – 274 с.
- 21 Янко Э.А. Производство алюминия [Текст]: науч. пособие/ Э.А. Янко. – СПб.: Из – во С. – Петербург , 2007. – 304 С.

Технологическая схема прокалочного отделения

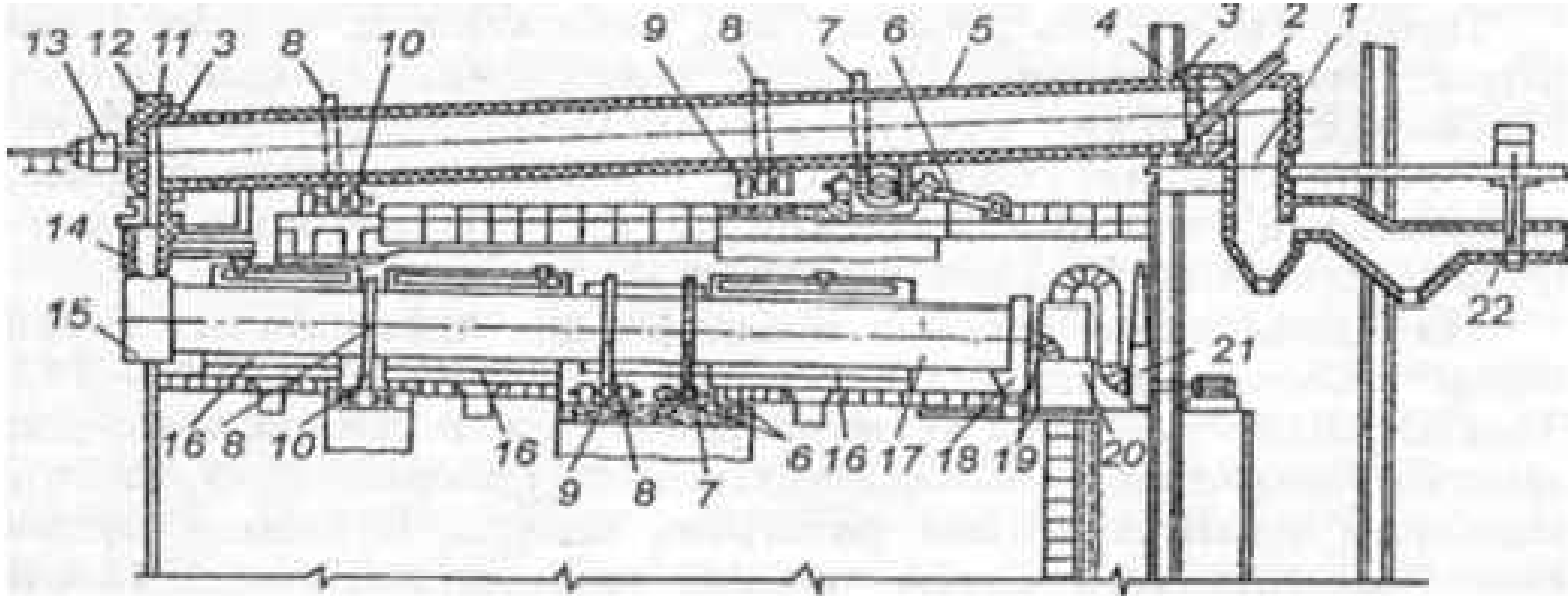


1 - конвейер, 2 - бункер над печью; 3 - весы-дозатор, 4 - загрузочное устройство, 5 - верхняя головка печи, 6 - прокаточная печь, 7 - нижняя головка печи, 8 - горелка, 9 - перфорационная решетка, 10 - холодильник, 11 - весоизмеритель, 12 - конвейер, 13 - элеватор, 14 - бункер запаса; 15 - пылесадительная камера, 16 - газопровод, 17 - система возврата просыпи, 18 - шиберы, 19 - обводной дороб, 20 -- батарея циклонов, 21 - котел-утилизатор, 22 - электрофильтр, 23 - дымосос, 24 - дымовая труба.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Авдеев	1	1		
Проверил	Герасимова				
Руководитель	Герасимова				
Н.контр.					
Зав. кафедрой	Гилев				

БР-150302-2018-121318021					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет"					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Авдеев	1	1		
Проверил	Герасимова				
Руководитель	Герасимова				
Н.контр.					
Зав. кафедрой	Гилев				
Технологическая схема прокаточного отделения				Кафедра "Горные машины и комплексы"	ЗММ-13-07
Формат А1				Страница 1	Листов 1

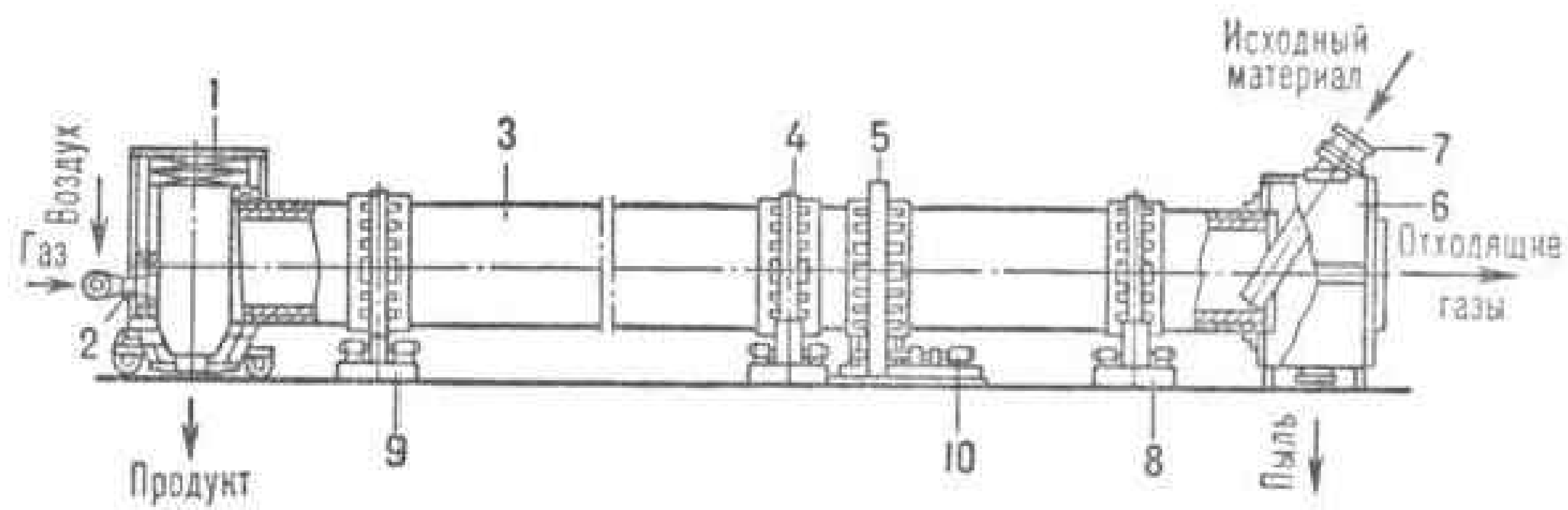
Установка вращающейся печи и холодильника



1 -- пылевая камера; 2 -- загрузочная течка; 3 -- уплотнения головок печи; 4 -- подпорное кольцо; 5 -- корпус печи; 6 -- привод; 7 -- венцовая шестерня; 8 -- дандаж; 9 -- опорно-упорные ролики; 10 -- опорная станция; 11 -- защитное кольцо; 12 -- нижняя (горячая) головка печи; 13 -- горелочное устройство; 14 -- перегрузочная течка; 15 -- верхняя головка холодильника; 16 -- ванна охлаждения холодильника; 17 -- корпус холодильника; 18 -- нижняя головка холодильника; 19 -- воздухозаборник; 20 -- рукавный фильтр; 21 -- дымосос; 22 -- шибер.

						БР-150302-2018-121318021		
						ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет"		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		Стадия	Лист
Разработал	Авдустринов							2
Проверил	Герасимова							
Руководитель	Герасимова							
Н.контр.								
Зав.кафедрой	Гилев					Установка вращающейся печи и холодильника	Кафедра "Горные машины и комплексы" ЗММ-13-07	
						Формат	А1	

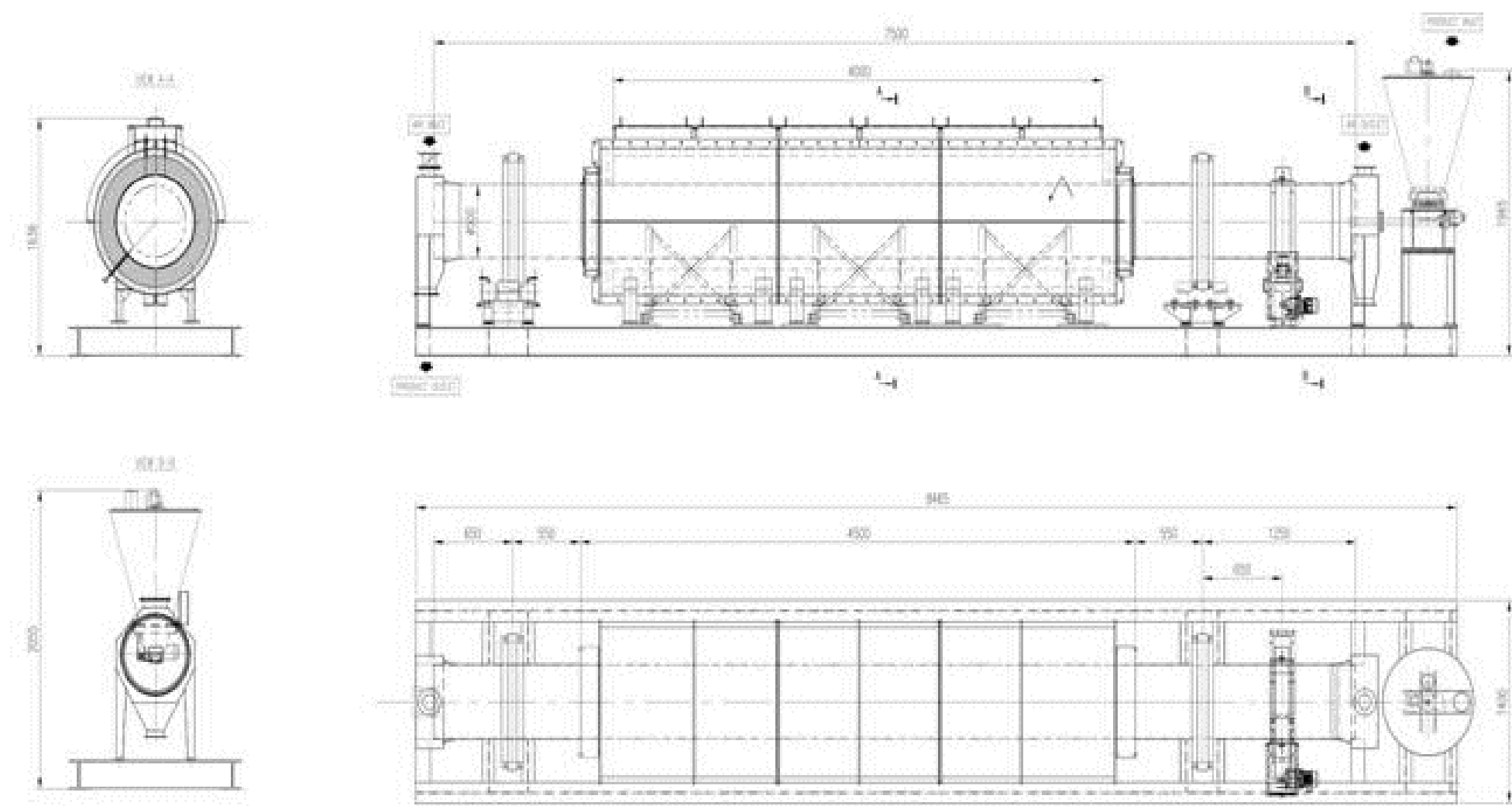
Трубчатая (барабанная) вращающаяся печь



1-откатная головка, 2-горелка, 3-барабан, 4-бандаж, 5-венцовая шестерня, 6-пыльная камера, 7-наклонная течка, 8-опорная станция, 9-опорно-упорная станция, 10-механизм привода.

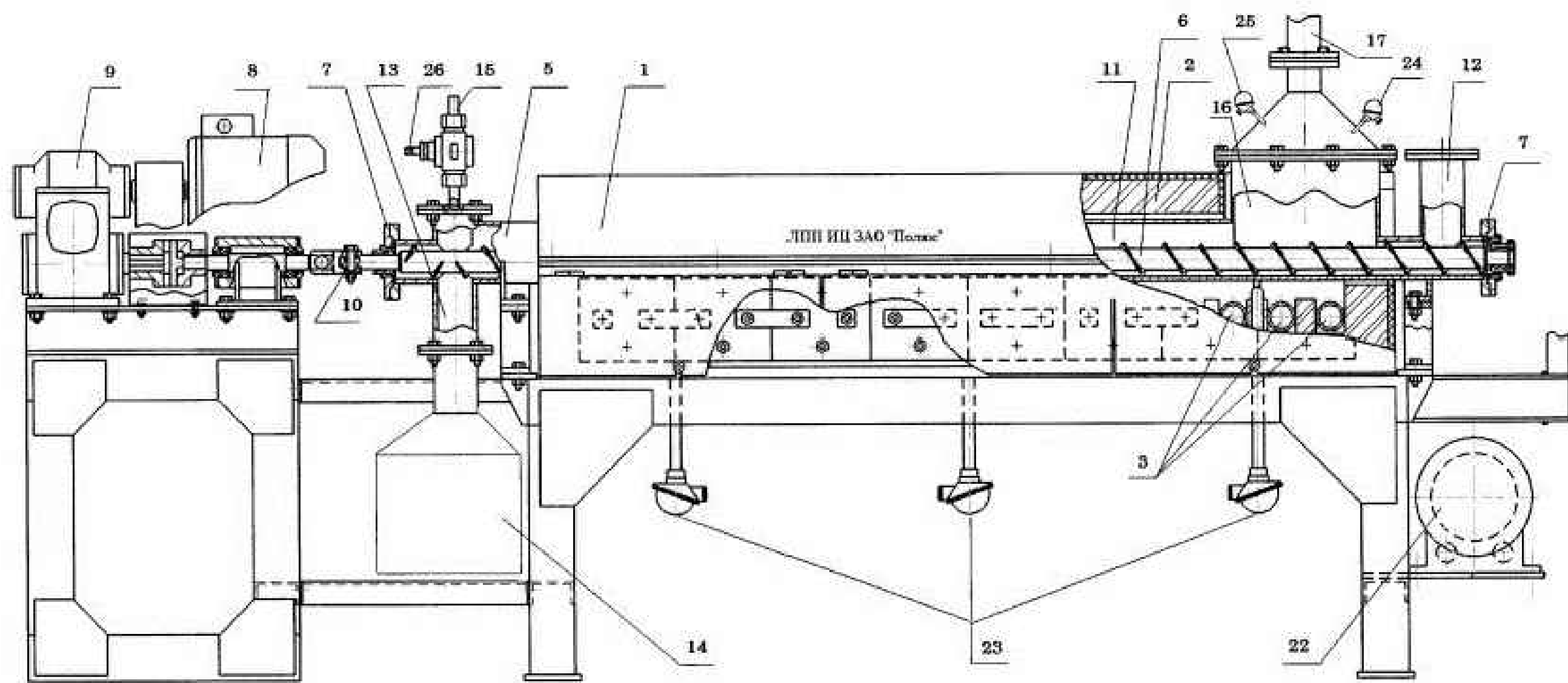
Трубчатая (барабанная) вращающаяся печь, предназначенная для обжига материалов с целью реализации окислительных процессов и/или процессов термической диссоциации или иных физико-химических процессов.

Вращающаяся барабанная обжиговая печь



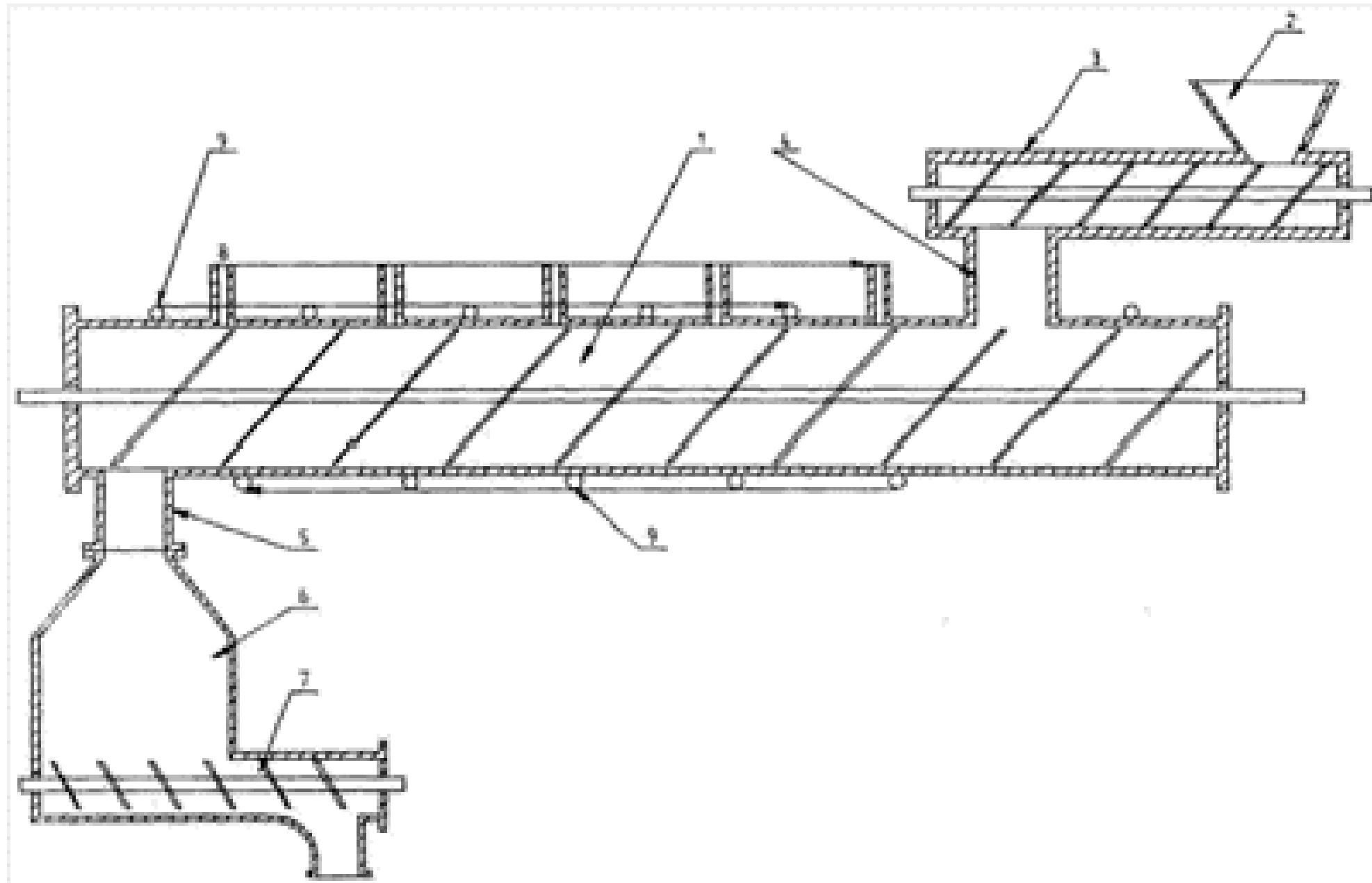
Устройство – вращающаяся барабанная обжиговая печь, применяемая в металлургии редкоземельных элементов для сыпучих материалов, включающая стальной барабан, с размещенными на его внутренней стороне винтовыми пластинами.

Шнеко-трубчатая печь



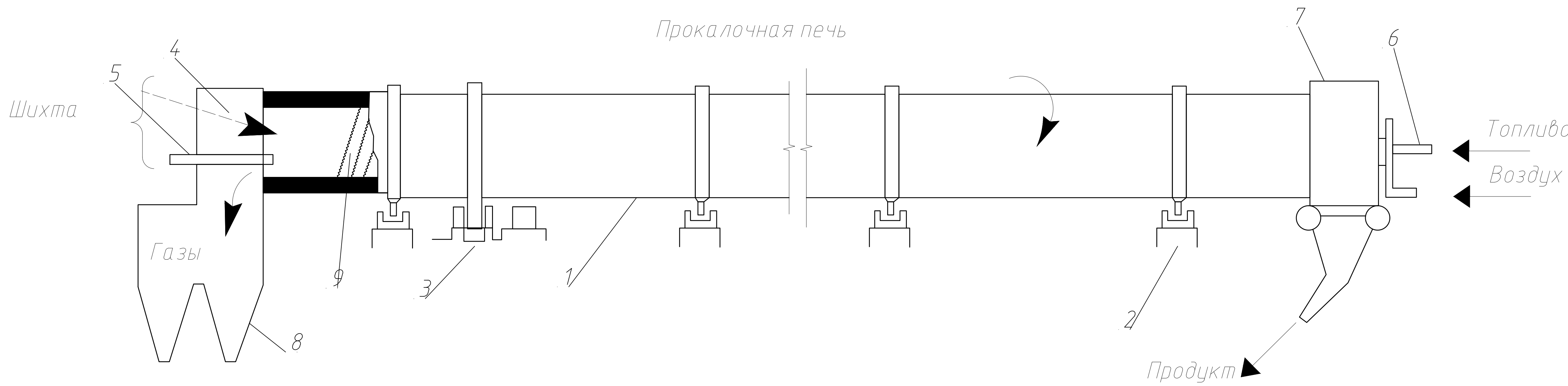
Устройство – шнеко-трубчатая печь, содержащая рабочую камеру, дункер с загрузочным шнеком, загрузочную камеру, разгрузочную камеру со шнеком, специальное приспособление для удаления налипания.

Устройство для пиролиза измельченных материалов



Устройство для пиролиза измельченных материалов, содержащее загрузочный дункер, шнековый питатель с вертикальным отводом, сообщающимся с верхней частью трубы-реторты, содержащей шнек для перемещения обрабатываемого материала от зоны загрузки к зоне выгрузки с одновременной реализацией процесса пиролиза за счет подвода тепла от системы нагревателей, расположенных по всей длине реторты, при этом в верхней части трубы-реторты по всей длине выполнена система отверстий-газоходов для отвода газов, образующихся при пиролизе, а в противоположном от загрузки конце реторты располагается устройство выгрузки получаемого угля.

					БР-150302-2018-121318021					
					ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет					
Изм.	Кол.чк.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			Стация	Лист	Листов
Разработал						Акулиничев				
Проверил						Герасимова			3	
Руководитель						Герасимова		Кафедра "Горные машины и комплексы" ЗММ-13-07		
Н.контр.										
Зав.кафедрой						Гилев				
Обзор и анализ оборудования										



Основные технические характеристики вращающейся печи

Показатель	Значение
Длина, м	45
Диаметр барабана, м - наружный - внутренний	3,0 2,5
Угол наклона барабана, град	1-2
Скорость вращения барабана, об/мин	3,5
Производительность по загрузке, т/ч	10
Время пребывания материала в печи, мин	72
Скорость движения материала в печи, м/мин	0,82
Коэффициент заполнения печи, %	6,4
Температура отходящих газов, °С	700

Рисунок 1
1 – цилиндрический стальной барабан; 2 – опорные ролики; 3 – привод; 4 – холодная головка печи; 5 – форсунки; 6 – горелка; 7 – горячая головка печи; 8 – газоочистка; 9 – теплообменник.

Зоны прохождения материала в печи

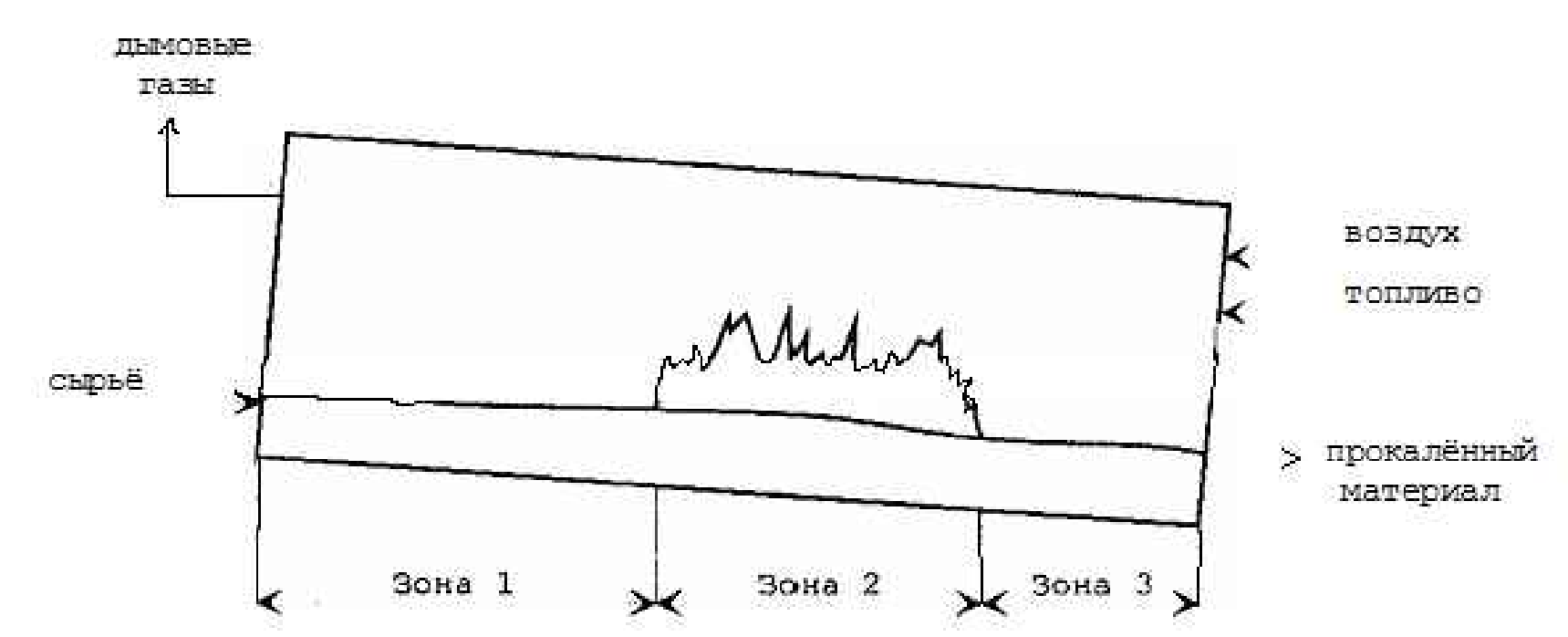


Рисунок 2
Первая -- зона подсушки и нагрева материала отходящими газами -- самая длинная зона, и только в ней можно использовать тепло отходящих газов.
Вторая -- зона прокаливания, в которой температура газового потока достигает максимального значения (1300--1400 °С), и материал прогревается до 1200--1300 °С.
Третья -- зона охлаждения материала, которая расположена перед факелом горящего топлива. Это самая короткая зона, длина которой обычно составляет 2--3 м.

Схема установки дополнительного оборудования на прокалочной печи

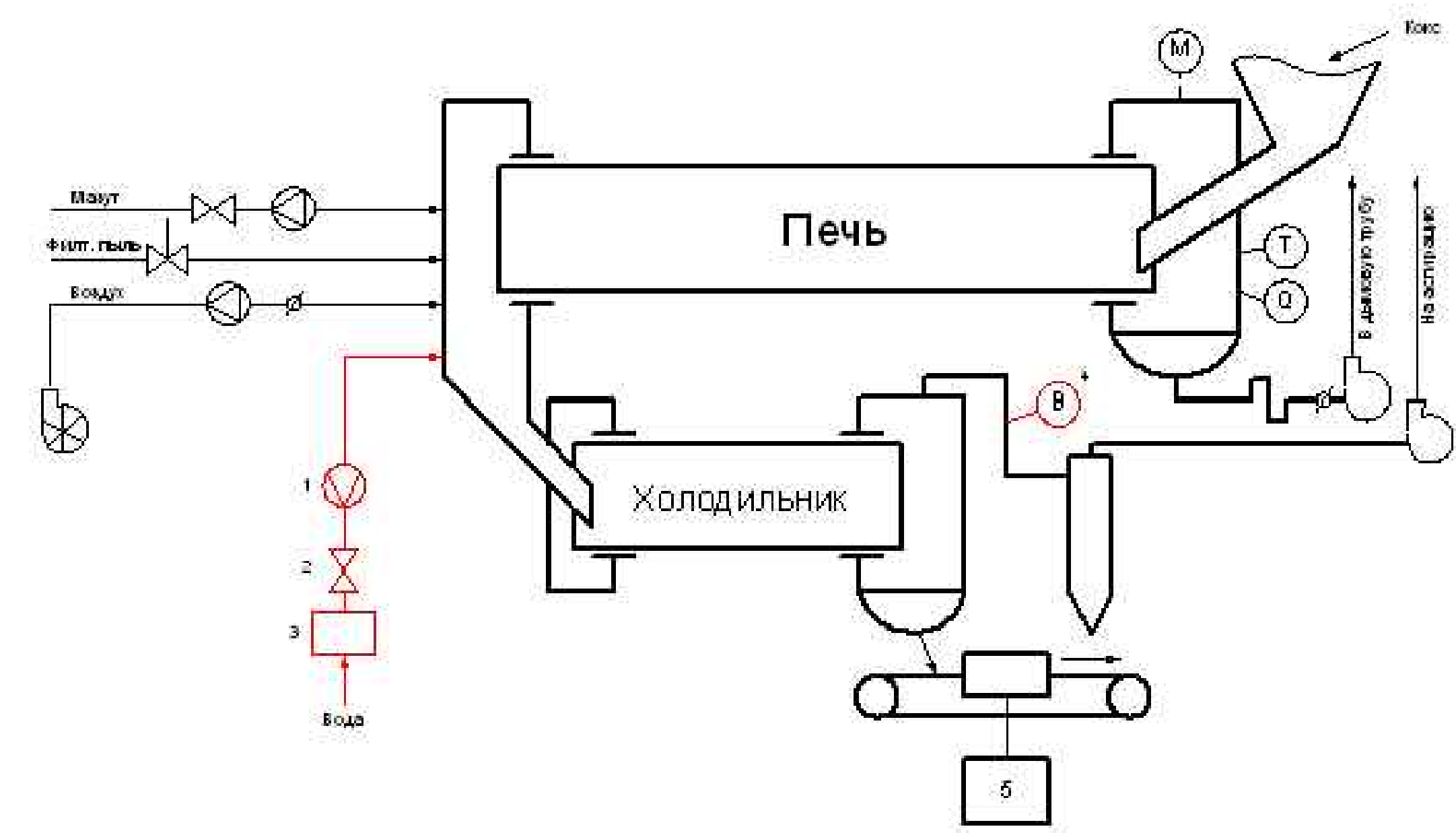


Рисунок 3
1– расходомер воды; 2– регулирующий кран; 3 – механический фильтр; 4 – влагомер газа.

Схема расположения дополнительной водоохлаждающей секции на холодильнике

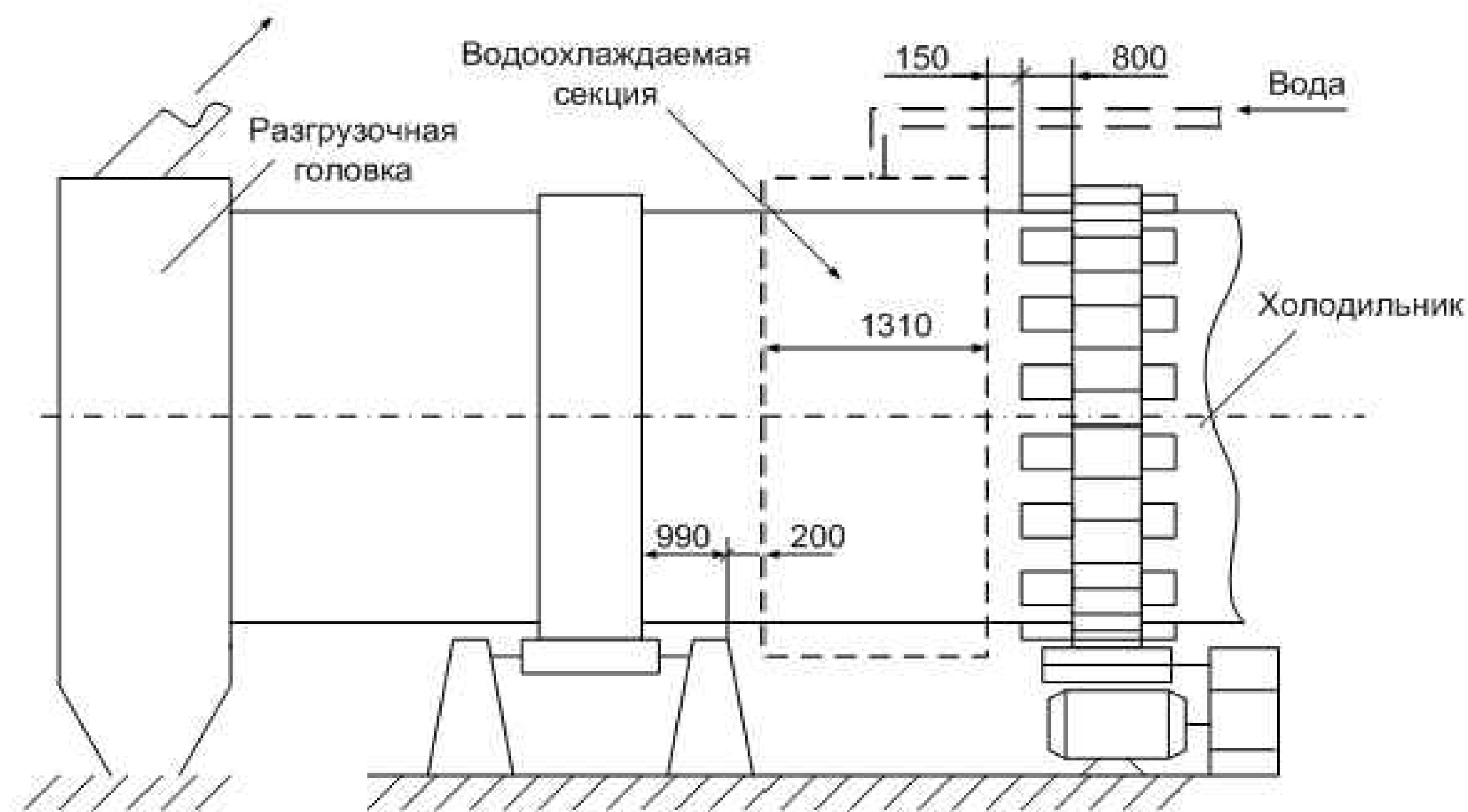


Рисунок 1

Уплотнение горячей головки холодильника

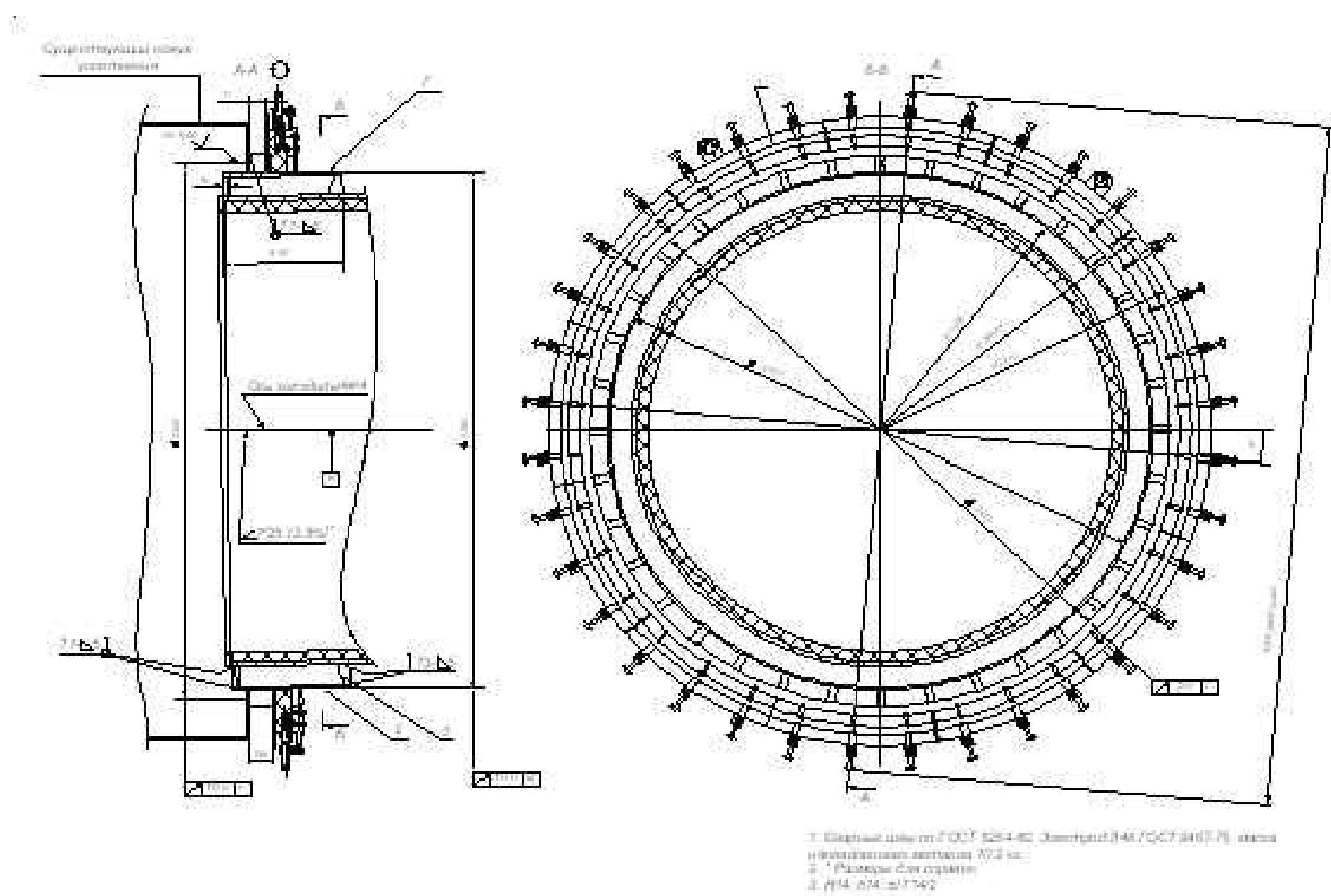


Рисунок 2

Схема установки распылительного устройства в горячей головке прокаточной печи

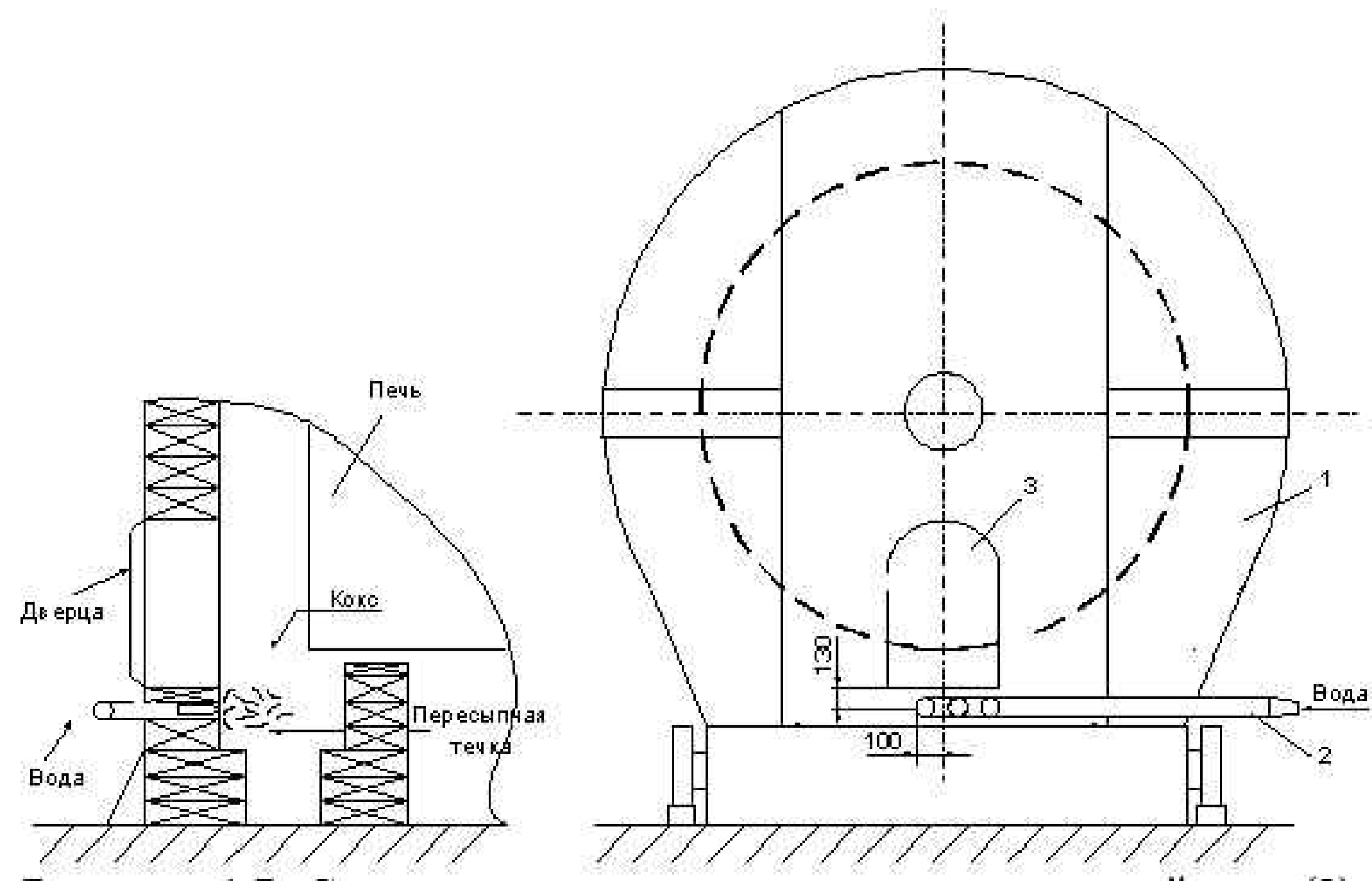


Рисунок 3

Схема автоматизации технологического процесса прокатки

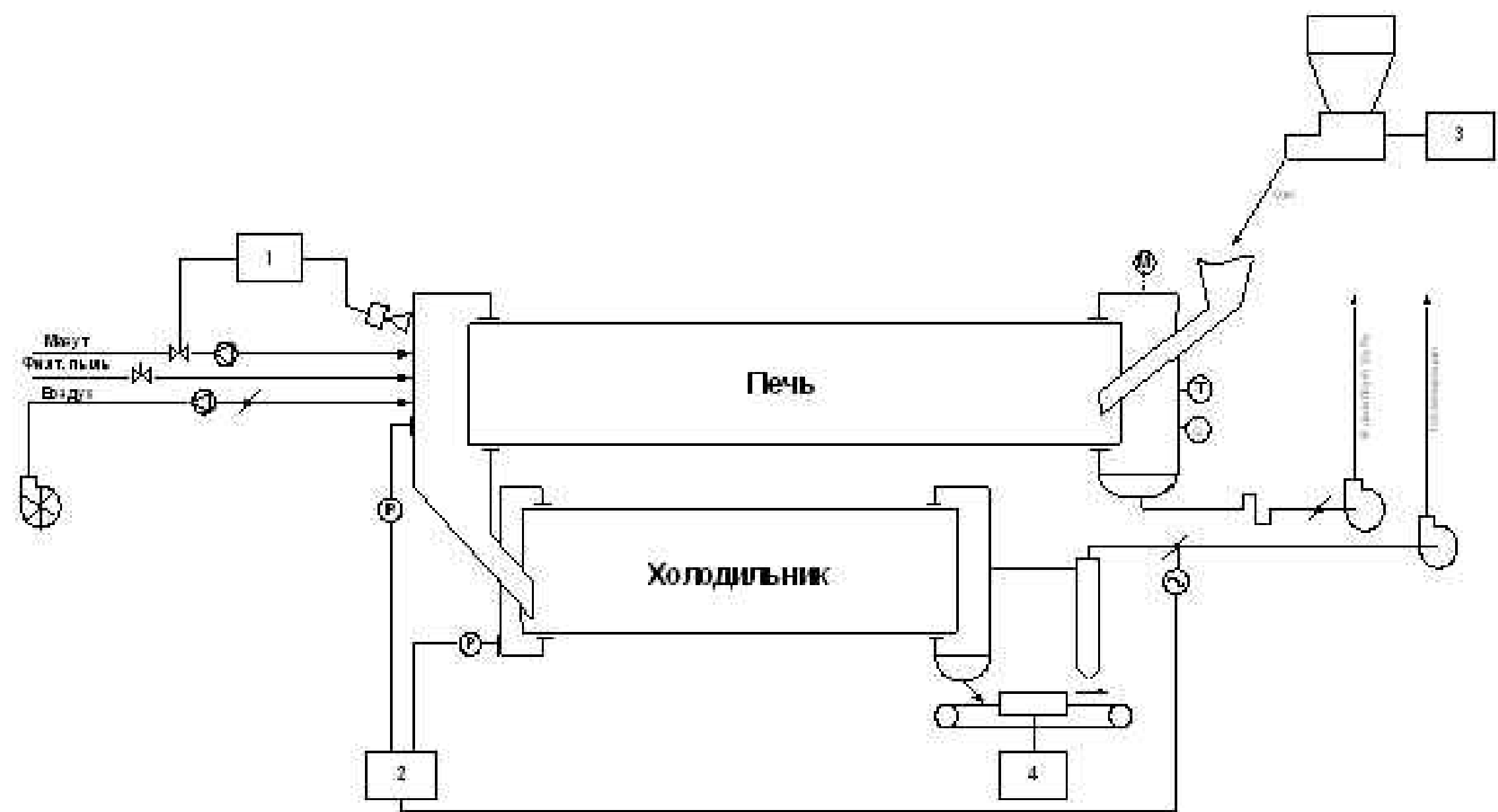


Рисунок 4
1 – регулятор расхода мазута; 2 – регулятор перепада разрежения между печью и холодильником; 3 – дозатор подачи кокса в печь; 4 – взвешивание прокатанного кокса;

Годовой график ППР оборудования на 2018 год

Оборудование	Инв. номер	1 квартал				2 квартал				3 квартал				4 квартал				Кол-во ремонтов			Общая продолжительность ремонтов, ч
		январь	февраль	март	простои	апрель	май	июнь	простои	июль	август	сентябрь	простои	октябрь	ноябрь	декабрь	простои	ТО	Т	К	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Прокалочная печь	31		ТО 8	ТО 8	16	ТО 8	Т 96		104	ТО 8		ТО 8	16	Т 96	ТО 8	К 860	964	6 48	2 192	1 860	1100

Годовой график ППР оборудования на июнь 2018 года

Оборудование	Инвент. номер	Числа месяца																														Продолжитель- ность			Общая продол- житель- ность ремонт ов, ч
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	ТО	ТР	К	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Прокалочная печь	31																															-	-	-	-

Номинальный фонд времени работы оборудования

Характеристика производства	Число рабочих дней в году, дн., N _Р	Число смен в сутки, ед. см	Номинальный фонд времени работы оборудования, часы			
			в смену, ч T _{см}	в сутки, ч. T _{сут}	в месяц, ч. T _{мес}	в год, ч. T _{год}
С непрерывным технологическим процессом	340	3	8	24	680	8160

						БР-150302-2018-121318021		
						ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет"		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разработал	Авдустринов						6	
Проверил	Герасимова							
Руководитель	Герасимова					График ППР оборудования на 2018 год.		Кафедра "Горные машины и комплексы" ЗММ-13-07
Н.контр.								
Зав.кафедры	Гилев							